

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

JC879 U.S. PTO  
10/042607  
01/09/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2 0 0 1 年 1 月 1 9 日

出 願 番 号  
Application Number:

特 願 2 0 0 1 - 0 1 1 5 4 4

出 願 人  
Applicant(s):

日本ビクター株式会社

2 0 0 1 年 1 2 月 1 4 日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造

出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 1 - 3 1 0 8 2 0 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 413000043

【提出日】 平成13年 1月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 7/26

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地      日本  
                          ビクター株式会社内

    【氏名】 鈴木 鉄二

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地      日本  
                          ビクター株式会社内

    【氏名】 浅倉 伝

【特許出願人】

    【識別番号】 000004329

    【氏名又は名称】 日本ビクター株式会社

    【代表者】 守随 武雄

    【電話番号】 045-450-2423

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 003654

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書      1

    【物件名】 図面      1

    【物件名】 要約書      1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 色分解合成光学系

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対角方向に形成された偏光分離面が X 字状になるように配置された第 1 乃至第 4 の偏光ビームスプリッターと、

前記第 1 の偏光ビームスプリッターと前記第 4 の偏光ビームスプリッターとが対角、かつ前記第 1 の偏光ビームスプリッターが光入射側、前記第 4 の偏光ビームスプリッターが光出射側に配置される時、前記第 1 の偏光ビームスプリッターの光入射側、前記第 4 の偏光ビームスプリッターの光出射側及び前記第 1 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターの互いに直交する内側対向面のうち、2 つ以上の前記内側対向面の間に配置された所定の色光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる波長選択性変換手段とを備え、

前記第 1 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターの透光部材の光弾性定数を  $K_i$ 、 $K_o$ 、 $K_m$  とする時、

$$K_i < K_o \text{ 及び } K_m$$

の関係を有することを特徴とする色分解合成光学系。

【請求項 2】

対角方向に形成された偏光分離面が X 字状になるように配置された第 1 乃至第 4 の偏光ビームスプリッターと、

前記第 1 の偏光ビームスプリッターと前記第 4 の偏光ビームスプリッターとが対角、かつ前記第 1 の偏光ビームスプリッターが光入射側、前記第 4 の偏光ビームスプリッターが光出射側に配置される時、前記第 1 の偏光ビームスプリッターの光入射側、前記第 4 の偏光ビームスプリッターの光出射側及び前記第 1 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターの互いに直交する内側対向面のうち、2 つ以上の前記内側対向面の間に配置された所定の色光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる波長選択性変換手段とを備え、

前記第 1 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターの透光部材の光弾性定数を  $K$

i、 $K_o$ 、 $K_m$ とする時、

$$K_i \text{ 及び } K_m < K_o$$

の関係を有することを特徴とする色分解合成光学系。

【請求項 3】

対角方向に形成された偏光分離面が X 字状になるように配置された第 1 乃至第 4 の偏光ビームスプリッターと、

前記第 1 の偏光ビームスプリッターと前記第 4 の偏光ビームスプリッターとが対角、かつ前記第 1 の偏光ビームスプリッターが光入射側、前記第 4 の偏光ビームスプリッターが光出射側に配置される時、前記第 1 の偏光ビームスプリッターの光入射側、前記第 4 の偏光ビームスプリッターの光出射側及び前記第 1 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターの内側対向面の間隙に配置された所定の色光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる波長選択性変換手段とを備え、

前記第 1 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターの透光部材の光弾性定数を  $K_i$ 、 $K_o$ 、 $K_m$ とする時、

$$K_i < K_m < K_o$$

の関係を有することを特徴とする色分解合成光学系。

【請求項 4】

前記第 1 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターと共に前記波長選択性変換手段を透明部材を用いて接合して一体化したことを特徴とする請求項 1 乃至 3 に記載の色分解合成光学系。

【請求項 5】

前記第 2 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターを前記第 1 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターの内側対向面の間隙及び前記第 4 の偏光ビームスプリッターの光出射側に配置された前記波長選択性変換手段と共に接合して一体化した光学部材とし、この光学部材と、前記第 1 偏光スプリッターとを粘着材または緩衝部材によって貼り合せたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 記載の色分解合成光学系。

【請求項 6】

前記第 2 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターのうちの 2 つ以上を接合して

一体化した光学部材とし、この光学部材と、前記第 1 の偏光ビームスプリッターとを分離したことを特徴とする請求項 1 乃至 3 記載の色分解合成光学系。

【請求項 7】

前記第 4 偏光ビームスプリッターをこれと隣接する前記第 2、前記第 3 の偏光ビームスプリッターのいずれか一方、又は双方と接合して一体化し、かつ前記第 1 偏光ビームスプリッターを前記第 2 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターと分離したことを特徴とする請求項 1 乃至 3 記載の色分解合成光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、反射型投射表示装置に適用される偏光ビームスプリッターを備えた色分解合成光学系に係り、特に偏光ビームスプリッターの複屈折に起因した映像品質の劣化の改善に関する。

【0002】

【従来の技術】

カラー投射表示装置は、白色光から 3 原色光に係る R（赤）、G（緑）、B（青）の色光を分解して対応色の空間光変調素子に導き、当該空間光変調素子で映像信号に応じて光変調された色光を合成して投射し、スクリーン上にカラー映像を表示させるものである。

【0003】

カラー投射表示装置は、それに適用される空間光変調素子の種類によって 3 種類に大別される。例えば、透過型の空間光変調素子を適用したもの、反射型の空間光変調素子を適用したもの、また DMD（Digital Mirror Device）を適用したものがある。

【0004】

透過型空間光変調素子及び DMD は、光学構成が比較的簡単にできるために小型化が容易であるが高解像度化に難がある。一方、反射型の空間光変調素子は高解像度化に有利であるが光学構成が複雑となるために小型化に難がある。

【0005】

特に、反射型の空間光変調素子を適用した投射表示装置は、空間光変調素子を照射する入射光と当該空間光変調素子で変調された反射光とを分離するために偏光ビームスプリッターを必要とする。高コントラストを実現するためには一つの空間光変調素子に対して、通常2つ以上の偏光ビームスプリッターを作用させるために、これが反射型の投射表示装置の光学構成を複雑にしていた。

## 【 0 0 0 6 】

このような反射型の空間光変調素子における光学構成の課題を解決した色分解合成光学系が、最近、米国のカラーリンク社 (Colorlink inc.) から提供された。また、これに関しては、文献 (Michael G. Robinson et. "High Contrast Color Splitting Architecture Using Color Polarization Filters", SID 00 DIGEST, 92-95 (2000) に紹介されている。

## 【 0 0 0 7 】

図 2 9 は、カラーリンク社が提供する反射型空間光変調素子を適用した投射表示装置の光学構成を示した概略平面図である。

色分解合成光学系 2 9 0 (図中破線で囲まれた部分) は、立方体または角柱状の第 1、第 2、第 3、第 4 の偏光ビームスプリッター 1 0 2、1 0 3、1 0 4、1 0 5 を、その偏光分離面 1 2 1、1 3 1、1 4 1、1 5 1 が略 X 字状に交差するように配置したものであり、さらに、第 1 の偏光ビームスプリッター 1 0 2 の入射面側 (図 2 9 においては、第 1 の偏光ビームスプリッターの左側面)、及び第 4 の偏光ビームスプリッター 1 0 5 の出射面側 (図 2 9 においては、第 4 の偏光ビームスプリッターの右側面側) には、共に G 光の偏波面を  $90^\circ$  回転する機能を有する第 1 の波長選択性偏光変換手段 (G 用位相板) 1 0 6、1 0 7 を、また、第 1 と第 3 の偏光ビームスプリッター 1 0 2、1 0 4 間及び第 3 と第 4 の偏光ビームスプリッター 1 0 4、1 0 5 間には、共に R 光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる機能を有する第 2 の波長選択性偏光変換手段 (R 用位相板) 1 0 8、1 0 9 を備えている。

## 【 0 0 0 8 】

ここで、S 偏光及び P 偏光は、直線偏光の偏波面と、それが入射する偏光ビームスプリッターの偏光分離面との相対関係で決まり、直線偏光の偏波面が偏光ビ



ームスプリッターの偏光分離面に対する入射面に垂直である場合には S 偏光といい、平行である場合には P 偏光という。

【 0 0 0 9 】

上記第 1 の波長選択性偏光変換手段（G 用位相板）1 0 6、1 0 7 には、図 3 0 に示す特性を有する位相板が適用される。図 3 0 においてクロスーポライザー（Crossed Polarizers）とは、波長選択性偏光変換手段を介して偏光子と検光子とをクロスに配置して測定したときの出力光の分光特性であり、パラレルーポライザー（Parallel Polaraizers）とは、偏光子と検光子とをパラレルに配置したときの出力光の分光特性である。同図より、G 光の偏波面が  $90^\circ$  回転していることが分かる。

【 0 0 1 0 】

また、上記第 2 の波長選択性偏光変換手段（R 用位相板）1 0 8、1 0 9 は図 3 1 に示す特性を有している。図 3 1 においてクロスーポライザー及びパラレルーポライザーとは、上記と同じ意味である。同図より、R 光の偏波面が  $90^\circ$  回転していることが分かる。

【 0 0 1 1 】

また、B 光の偏波面のみを  $90^\circ$  回転させる機能を有する波長選択性偏光変換手段（B 用位相板）も作製することが可能であり、この場合の分光特性は図 3 2 となる。

なお、これらの波長選択性偏光変換手段については、USP 5 7 5 1 3 8 4 に詳細に説明されている。

【 0 0 1 2 】

上記の色分解合成光学系 2 9 0 においては、第 1 の偏光ビームスプリッター 1 0 2 が入射側偏光ビームスプリッターとなり、また、その対角に位置する第 4 の偏光ビームスプリッター 1 0 5 が出射側偏光ビームスプリッターとなる。また、その中間位置に配置された第 2 及び第 3 の偏光ビームスプリッター 1 0 3、1 0 4 は、反射型空間光変調素子を照射する入射光と当該反射型空間光変調素子で変調された反射光を分離する作用をする、いわゆる主偏光ビームスプリッターとなる。

## 【0013】

上記色分解合成光学系290の第2の偏光ビームスプリッター（主偏光ビームスプリッター）103の透光面103c側にはG対応の反射型空間光変調素子161を、第3の偏光ビームスプリッター（主偏光ビームスプリッター）104の透光面104b側にはR対応の反射型空間光変調素子162を、また透光面104a側にはB対応の反射型空間光変調素子163を備え、さらに第1の偏光ビームスプリッター（入射側偏光ビームスプリッター）102の入射側前方には白色光を発する光源171及び第1の偏光ビームスプリッター（入射側偏光ビームスプリッター）102の偏光分離面121に対してS偏光の関係を有する直線偏光のみを透過させるように透過軸を選択した第1の偏光板181を備え、また第4の偏光ビームスプリッター（出射側偏光ビームスプリッター）105の出射側後方には、第4の偏光ビームスプリッター（出射側偏光ビームスプリッター）105の偏光分離面151に対してP偏光の関係を有する直線偏光のみを透過させるように透過軸を選択した第2の偏光板182、及びカラーの映像光を拡大投影する投射レンズ191を備えて投射表示装置300を構成している。

## 【0014】

なお、第1、第2、第3、第4の偏光ビームスプリッター102、103、104、105の各偏光分離面121、131、141、151は、その入射面が共通面となるように配置されているため、S偏光及びP偏光を決める直線偏光の偏波面と偏光分離面との相対関係は、全ての偏光ビームスプリッターに対して同じとなることから、以後S偏光及びP偏光がいずれの偏光ビームスプリッターの偏光分離面に対するものであるかの説明は省略する。

## 【0015】

上記投射表示装置300は次のように動作する。

光源171から発した不定偏光の白色光は第1の偏光板181に入射する。そして、S偏光のみが第1の偏光板181を透過して、第1の波長選択性偏光変換手段106に入射する。

第1の波長選択性偏光変換手段106はG光のみの偏波面を90°回転させるG用位相板（図30を参照）であるため、第1の波長選択性偏光変換手段106



を透過するG光（図29の実線）に係るS偏光はP偏光に変換される。また、第1の波長選択性偏光変換手段106はR光（図29の破線）及びB光（図29の2点鎖線）に対しては何ら作用しないため、それらはS偏光のままである。

以後、それぞれの色光について個別にその光路及び偏波面の変移について説明する。

#### 【0016】

先ず、第1の波長選択性偏光変換手段106を透過したP偏光のG光（実線）は、第1及び第2の偏光ビームスプリッター102、103の偏光分離面121、131を透過直進して、第2の偏光ビームスプリッター103の透光面103cより出射してG対応の反射型空間光変調素子161に入射する。そして、当該反射型空間光変調素子161においてG対応の映像信号に応じた光変調を受けて反射される。

#### 【0017】

光変調されて生成したG光のS偏光成分は、第2の偏光ビームスプリッター103の偏光分離面131で反射され、第4の偏光ビームスプリッター105に入射する。そして、第4の偏光ビームスプリッター105の偏光分離面151において反射され、第4の偏光ビームスプリッター105の透光面105cより出射し、後段に配置した第2の波長選択性偏光変換手段107に入射する。

第2の波長選択性偏光変換手段107は前述したようにG光に係る偏波面を90°回転させる機能を有するものであるので、G光のS偏光はP偏光に変換されて出射する。

#### 【0018】

次に、R光（破線）について説明する。第1の波長選択性偏光変換手段106を透過したS偏光のR光は、第1の偏光ビームスプリッター102の偏光分離面121で反射され第2の波長選択性偏光変換手段108に入射する。ここで、第2の波長選択性偏光変換手段108はR光の偏波面を90°回転させるR用位相板であるため、R光はS偏光からP偏光に偏光変換されてこれを出射し、第3の偏光ビームスプリッター104に入射する。さらに、P偏光のR光は第3の偏光ビームスプリッター104の偏光分離面141を直進透過しての透光面104b

より出射し、R対応の反射型空間光変調素子162に入射する。そして、当該反射型空間光変調素子162においてR対応の映像信号に応じた光変調を受けて反射される。

#### 【0019】

光変調されて生成したR光のS偏光成分は、第3の偏光ビームスプリッター104の偏光分離面141で反射され、第2の波長選択性偏光変換手段109に入射する。当該第2の波長選択性偏光変換手段109は上記したようにR用位相板であるため、R光のS偏光成分はP偏光に偏光変換されて第4の偏光ビームスプリッター105に入射する。そして、第4の偏光ビームスプリッター105の偏光分離面151を透過直進して、第4の偏光ビームスプリッター105の透光面105cより出射し、後段に配置した第1の波長選択性偏光変換手段107に入射する。

第1の波長選択性偏光変換手段107は前述したように、G用位相板であるためR光には何ら作用せず、R光はP偏光のままこれを出射する。

#### 【0020】

次に、B光（2点鎖線）について説明する。第1の波長選択性偏光変換手段106を透過したS偏光のB光は、第1の偏光ビームスプリッター102の偏光分離面121で反射され第2の波長選択性偏光変換手段108に入射する。ここで、第2の波長選択性偏光変換手段108は上記したようにR用位相板であるためB光には何ら作用せず、B光は偏光変換されることなくS偏光のままこれを出射し、第3の偏光ビームスプリッター104に入射する。

#### 【0021】

S偏光のB光は第3の偏光ビームスプリッター104の偏光分離面141で反射され透光面104aより出射し、B対応の反射型空間光変調素子163に入射する。そして、当該反射型空間光変調素子163においてB対応の映像信号に応じた光変調を受けて反射される。

#### 【0022】

光変調されて生成したB光のP偏光成分は、第3の偏光ビームスプリッター104の偏光分離面141を透過直進し第2の波長選択性偏光変換手段109に入

射する。当該第 2 の波長選択性偏光変換手段 1 0 9 は上記したように R 用位相板であるため B 光に対しては何ら作用せず、B 光は P 偏光のままこれを出射して第 4 の偏光ビームスプリッター 1 0 5 に入射する。そして、第 4 の偏光ビームスプリッター 1 0 5 の偏光分離面 1 5 1 を透過直進して、第 4 の偏光ビームスプリッター 1 0 5 の透光面 1 0 5 c より出射し、後段に配置した第 1 の波長選択性偏光変換手段 1 0 7 に入射する。

第 1 の波長選択性偏光変換手段 1 0 7 は前述したように、G 用位相板であるため B 光には何ら作用せず、B 光は P 偏光のままこれを出射する。

#### 【 0 0 2 3 】

上述したように、R 光、G 光、B 光の偏波面は P 偏光に揃えられて、投射レンズ 1 9 1 を介して図示せぬスクリーンにカラー映像を拡大表示する。

以上説明したように、上記投射表示装置 3 0 0 によれば 1 つの反射型空間光変調素子に対して 3 個の偏光ビームスプリッターを作用させていながら、比較的簡易な光学構成とすることができ、高コントラストな投射表示装置が実現できるという特徴を有している。

#### 【 0 0 2 4 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記した投射表示装置では、光源として 1 0 0 W 以上の高輝度な放電ランプを適用した場合に、偏光ビームスプリッターの透光部材の選択を誤ると、当該透光部材の複屈折の影響を受けて黒表示画面の角隅のコントラストを低下（黒浮き）させ、表示品質を劣化させる問題があった。

#### 【 0 0 2 5 】

このような問題に対しては、偏光ビームスプリッターの透光部材として、光弾性定数の絶対値が  $1.5 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$  以下である透光性材料を適用するのが効果的であることが特開平 9 - 5 4 2 1 3 号公報に開示されている。

特開平 9 - 5 4 2 1 3 号公報が開示するところによれば、少なくとも反射型の空間光変調素子に照射する入射光と、当該空間光変調素子からの変調された反射光を分離するいわゆる主偏光ビームスプリッターについて、その透光部材として上記の低い光弾性定数の透光性材料を適用するのが効果的である。

## 【 0 0 2 6 】

しかし、本発明者等が検討したところによれば、上述の色分解合成光学系 2 9 0 を用いた投射表示装置 3 0 0 においては、主偏光ビームスプリッター（第 2、第 3 の偏光ビームスプリッター 1 0 3、1 0 4）についてのみ上記のような低い光弾性定数の透光性材料を適用しても、複屈折の問題を解消することができないことが分かった。

## 【 0 0 2 7 】

もちろん、4 個の偏光ビームスプリッターの全てについて、上記の低い光弾性定数の透光性材料を適用すれば効果があることは容易に考えられるが、この場合、色分解光学系が高価になる問題がある。

即ち、一般に、低い光弾性定数の透光性材料は、鉛を多く含有する光学ガラス基体であり脆くて軟らかく加工が困難であるために、一般的な光学ガラスである B K 7 等に比して価格が数倍から数十倍と高価である。

## 【 0 0 2 8 】

本発明は、懸かる問題を解決するためになされたものであり、偏光ビームスプリッターの複屈折を抑制し、反射型投射表示装置に好適な廉価な色分解合成光学系を提供することを目的とする。

## 【 0 0 2 9 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明における第 1 の発明は、対角方向に形成された偏光分離面が X 字状になるように配置された第 1 乃至第 4 の偏光ビームスプリッターと、前記第 1 の偏光ビームスプリッターと前記第 4 の偏光ビームスプリッターとが対角、かつ前記第 1 の偏光ビームスプリッターが光入射側、前記第 4 の偏光ビームスプリッターが光出射側に配置される時、前記第 1 の偏光ビームスプリッターの光入射側、前記第 4 の偏光ビームスプリッターの光出射側及び前記第 1 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターの互いに直交する内側対向面のうち、2 つ以上の前記内側対向面の間に配置された所定の色光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる波長選択性変換手段とを備え、前記第 1 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターの透光部材の光弾性定数を  $K_i$ 、 $K_o$ 、 $K_m$  とする時、 $K_i < K_o$  及び  $K_m$  の関係を有することを特徴

とする色分解合成光学系を提供する。

【 0 0 3 0 】

第 2 の発明は、対角方向に形成された偏光分離面が X 字状になるように配置された第 1 乃至第 4 の偏光ビームスプリッターと、前記第 1 の偏光ビームスプリッターと前記第 4 の偏光ビームスプリッターとが対角、かつ前記第 1 の偏光ビームスプリッターが光入射側、前記第 4 の偏光ビームスプリッターが光出射側に配置される時、前記第 1 の偏光ビームスプリッターの光入射側、前記第 4 の偏光ビームスプリッターの光出射側及び前記第 1 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターの互いに直交する内側対向面のうち、2 つ以上の前記内側対向面の間に配置された所定の色光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる波長選択性変換手段とを備え、前記第 1 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターの透光部材の光弾性定数を  $K_i$ 、 $K_o$ 、 $K_m$  とする時、 $K_i$  及び  $K_m < K_o$  の関係を有することを特徴とする色分解合成光学系を提供する。

【 0 0 3 1 】

第 3 の発明は、対角方向に形成された偏光分離面が X 字状になるように配置された第 1 乃至第 4 の偏光ビームスプリッターと、前記第 1 の偏光ビームスプリッターと前記第 4 の偏光ビームスプリッターとが対角、かつ前記第 1 の偏光ビームスプリッターが光入射側、前記第 4 の偏光ビームスプリッターが光出射側に配置される時、前記第 1 の偏光ビームスプリッターの光入射側、前記第 4 の偏光ビームスプリッターの光出射側及び前記第 1 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターの内側対向面の間隙に配置された所定の色光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる波長選択性変換手段とを備え、前記第 1 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターの透光部材の光弾性定数を  $K_i$ 、 $K_o$ 、 $K_m$  とする時、 $K_i < K_m < K_o$  の関係を有することを特徴とする色分解合成光学系を提供する。

【 0 0 3 2 】

第 4 の発明は、前記第 1 乃至前記第 4 の偏光ビームスプリッターと共に前記波長選択性変換手段を透明部材を用いて接合して一体化したことを特徴とする請求項 1 乃至 3 に記載の色分解合成光学系を提供する。

【 0 0 3 3 】



第5の発明は、前記第2乃至前記第4の偏光ビームスプリッターを前記第1乃至前記第4の偏光ビームスプリッターの内側対向面の間隙及び前記第4の偏光ビームスプリッターの光出射側に配置された前記波長選択性変換手段と共に接合して一体化した光学部材とし、この光学部材と、前記第1偏光スプリッターとを粘着材または緩衝部材によって貼り合せたことを特徴とする請求項1乃至3記載の色分解合成光学系を提供する。

【0034】

第6の発明は、前記第2乃至前記第4の偏光ビームスプリッターのうちの2つ以上を接合して一体化した光学部材とし、この光学部材と、前記第1の偏光ビームスプリッターとを分離したことを特徴とする請求項1乃至3記載の色分解合成光学系を提供する。

【0035】

第7の発明は、前記第4偏光ビームスプリッターをこれと隣接する前記第2、前記第3の偏光ビームスプリッターのいずれか一方、又は双方と接合して一体化し、かつ前記第1偏光ビームスプリッターを前記第2乃至前記第4の偏光ビームスプリッターと分離したことを特徴とする請求項1乃至3記載の色分解合成光学系を提供する。

【0036】

【発明の実施の形態】

以下図を参照して本発明について説明する。

図1は、本発明の第1実施形態を説明する概略平面図である。

図1において、1は本発明の第1実施形態の色分解合成光学系であり、以下の構成を有している。

即ち、立方体または角柱状の第1、第2、第3、第4の4個の偏光ビームスプリッター2、3、4、5を、各偏光ビームスプリッターの偏光分離面21、31、41、51、が略X字状に交差するように配置している。この場合、第1の偏光ビームスプリッター2が入射側偏光ビームスプリッターであり、その対角の位置に配置された第4の偏光ビームスプリッター5が出射側偏光ビームスプリッターである。



なお、入射側偏光ビームスプリッターをいずれに選択するかは自由であるが、そのいずれの場合にも入射側偏光ビームスプリッターの対角に位置する偏光ビームスプリッターが必ず出射側偏光ビームスプリッターの関係となる。

## 【 0 0 3 7 】

第 1 の偏光ビームスプリッター 2（入射側偏光ビームスプリッター）の 4 つの透光面 2 a, 2 b, 2 c, 2 d のうち選択された一の透光面 2 a（入射側面）の前方、及び第 4 の偏光ビームスプリッター 5（出射側偏光ビームスプリッター）の 4 つの透光面 5 a, 5 b, 5 c, 5 d のうち選択された一の透光面 5 c（出射側面）の後方には G 光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる第 1 の波長選択性偏光変換手段（以下、G 用位相板という）6、7 が配置されている。

## 【 0 0 3 8 】

また、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 と第 3 の偏光ビームスプリッター 4 との間、及び第 3 の偏光ビームスプリッター 4 と第 4 の偏光ビームスプリッター 5 との間には、共に R 光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる第 2 の波長選択性偏光変換手段（以下、R 用位相板という）8、9 を備えている。

この場合、G 光に対応した空間光変調素子 6 1 は、第 2 の偏光ビームスプリッター 3 の透光面 3 c の側面に配置され、R 光対応の空間光変調素子 6 2 は、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の透光面 4 b、また B 光対応の空間光変調素子 3 6 3 は、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の透光面 4 a の側面に配置されることになる。

## 【 0 0 3 9 】

本発明における第 1 実施形態の色分解合成光学系 1 は、上記の構成において、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の透光部材の光弾性定数を  $K_i$ 、第 2 及び第 3 の偏光ビームスプリッター 3、4 の透光部材の光弾性定数を  $K_m$ 、第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の透光部材の光弾性定数を  $K_o$  としたとき、 $K_i < K_m$  及び  $K_o$ 、または  $K_i < K_m < K_o$ 、若しくは  $K_i$  及び  $K_m < K_o$  の条件を満たすように各偏光ビームスプリッターの透光部材の光弾性定数を選択して適用したものである。

## 【 0 0 4 0 】

本発明における第 1 実施形態の色分解光合成学系 1 は、次のようにして白色光から R、G、B 光を色分解し、さらに合成する作用をなす。

先ず、白色光の S 偏光が、G 用位相板 6 に対して与えられる。この場合、G 用位相板 6 は G 光のみの偏波面を  $90^\circ$  回転させる機能を有するもの（図 30 を参照）であるため、G 用位相板 6 を透過した白色光のうち G 光（図 1 の実線）のみが偏光変換されて S 偏光から P 偏光に変わる。一方、R 光（図 1 の破線）及び B 光（図 1 の 2 点鎖線）は S 偏光のままである。

以後、それぞれの色光について個別にその光路及び偏波面の変移について説明する。

#### 【0041】

先ず、G 用位相板 6 を透過した G 光について説明する。

G 光（実線）は、上記したように P 偏光に変換されている。G 光は、第 1 及び第 2 の偏光ビームスプリッター 2、3 の偏光分離面 21、31 を透過直進して、第 2 の偏光ビームスプリッター 3 の透光面 3c より出射して G 対応の反射型空間光変調素子 61 に入射する。そして、当該反射型空間光変調素子 61 において G 対応の映像信号に応じた光変調を受けて反射される。

#### 【0042】

光変調されて生成した G 光の S 偏光成分は、第 2 の偏光ビームスプリッター 3 の偏光分離面 31 で反射され、第 4 の偏光ビームスプリッター 5 に入射する。そして、第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の偏光分離面 51 において反射され、第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の透光面 5c より出射し、後段に配置した G 用位相板 7 に入射する。

G 用位相板 7 は前述したように G 光に係る偏波面を  $90^\circ$  回転させる機能を有するものであるため、G 光の S 偏光は P 偏光に変換されて出射する。

#### 【0043】

次に、R 光（破線）について説明する。

G 用位相板 6 を透過した S 偏光の R 光は、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の偏光分離面 21 で反射され R 用位相板 8 に入射する。ここで、R 用位相板 8 は R 光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる機能を有するもの（図 31 を参照）であるため、

R 光は S 偏光から P 偏光に偏光変換されてこれを出射し、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 に入射する。さらに、P 偏光の R 光は第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1 を直進透過して透光面 4 b より出射し、R 対応の反射型空間光変調素子 6 2 に入射する。そして、当該反射型空間光変調素子 6 2 において R 対応の映像信号に応じた光変調を受けて反射される。

## 【 0 0 4 4 】

光変調された R 光の S 偏光成分は、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1 で反射され、R 用位相板 9 に入射する。当該 R 用位相板 9 は上記したように R 光の偏波面を変換する機能を有するものであるため、R 光の S 偏光成分は P 偏光に偏光変換されて第 4 の偏光ビームスプリッター 5 に入射する。そして、第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の偏光分離面 5 1 を透過直進して、第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の透光面 5 c より出射し、後段に配置した G 用位相板 7 に入射する。

G 用位相板 7 は前述したように R 光には何ら作用せず、R 光は P 偏光のままこれを出射する。

## 【 0 0 4 5 】

次に、B 光（2 点鎖線）について説明する。G 用位相板 6 を透過した S 偏光の B 光は、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の偏光分離面 2 1 で反射され R 用位相板 8 に入射する。ここで、R 用位相板 8 は上記したように B 光には何ら作用せず、B 光は偏光変換されることなく S 偏光のままこれを出射し、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 に入射する。

## 【 0 0 4 6 】

S 偏光の B 光は第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1 で反射され透光面 4 a より出射し、B 対応の反射型空間光変調素子 6 3 に入射する。そして、当該反射型空間光変調素子 6 3 において B 対応の映像信号に応じた光変調を受けて反射される。

## 【 0 0 4 7 】

光変調されて生成された B 光の P 偏光成分は、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1 を透過直進し R 用位相板 9 に入射する。当該 R 用位相板 9 は

上記したようにB光に対しては何ら作用せず、B光はP偏光のままこれを出射して第4の偏光ビームスプリッター5に入射する。そして、第4の偏光ビームスプリッター5の偏光分離面51を透過直進して、第4の偏光ビームスプリッター5の透光面5cより出射し、後段に配置したG用位相板7に入射する。

G用位相板7は前述したようにB光には何ら作用せず、B光はP偏光のままこれを出射する。

このようにして、白色光は色分解合成光学系1において色分解された後、再合成され、R、G、B光の偏波面が共にP偏光に揃えられて色分解合成光学系1を出射する。

#### 【0048】

ところが前述したように、色分解合成光学系1をBK7等の一般的な透光部材で構成した場合には、透光部材の複屈折による黒浮き現象（周辺部に比べ若干輝度を生成する現象）が発生し、映像品質を劣化させる問題があった。

複屈折は透光部材を透過する光によって発生する熱応力や、外的な機械応力によって発生する。特に、角形状の透光部材においては、光束の通過する中央部と角隅部との温度差が大きくなるために、角隅部に熱応力が集中し易く、当該部位に複屈折が生じ易い。このような複屈折の生じた部位を直線偏光が透過した場合には、その偏波面が回転させられるために投射映像上にその影響が現れることになる。

#### 【0049】

この現象を、図2を参照してさらに詳しく説明する。

図2は、簡易的に、1個の偏光ビームスプリッター22と1個の反射型空間光変調素子24と投射レンズ25とで構成した投射装置を示している。

#### 【0050】

ところで、複屈折の影響が投射映像上で最も問題になるのは、黒表示における黒浮き現象である。黒表示とは、空間光変調素子24に入射した光が何ら変調されず、元の光路を逆に戻る状態をいう。即ち、図2において、偏光ビームスプリッター22に対してS偏光（図2中の実線）が入射すると、S偏光は偏光ビームスプリッター22の偏光分離面23で反射され反射型空間光変調素子22に入射

する。上記したように、黒表示の場合には反射型空間光変調素子 2 4 において入射光は、何ら変調されないから反射光は S 偏光のままである。従って、反射型空間光変調素子 2 4 で反射された S 偏光は、偏光分離面 2 3 で再び反射されて入射時と同じ光路を逆に戻ることになる。そのため、投射レンズ 2 5 で投影表示される像は黒となる。

#### 【 0 0 5 1 】

ところが、偏光ビームスプリッター 2 2 の透光部材に複屈折が発生した場合（図 2 において、斜線で示した部位等）、この部位を S 偏光が通過するとその偏波面が回転させられ、P 偏光の成分（図 2 中の破線）を生成することになる。従って、P 偏光の成分は偏光分離面 2 3 を透過して投射レンズ 2 5 を介して図示せぬスクリーンに明部を生じさせる。そのため、黒表示でありながら、表示画面の角隅がやや明るく浮いた状態となる。これが、複屈折の影響になる黒浮き現象である。

#### 【 0 0 5 2 】

図 3 は、黒表示画面を概念的に示した図である。図 3 の（a）は正常な黒画面であり、（b）は複屈折が生じた時の黒画面である。画面の角隅に複屈折の影響により黒浮きが発生する。

#### 【 0 0 5 3 】

複屈折の原因の一つは、前記したように熱応力によるものである。そこで、発明者等は本発明の第 1 実施形態の色分解合成光学系 1 について、第 1、第 2、第 3、第 4 の偏光ビームスプリッター 2、3、4、5 の表面温度を測定した。図 4 は、その測定結果を示した図である。このとき使用した光源は、150W の超高压水銀ランプである。また、温度測定は、常温中で、光源を点燈してから 1 時間経過後の各偏光ビームスプリッターの表面温度を測定した。

#### 【 0 0 5 4 】

その結果、第 1 の偏光ビームスプリッター（入射側偏光ビームスプリッター）2 の表面温度が最も高く、特に三角プリズム 2 A は 39℃ と最高の温度であった。

また、2 番目に高い温度を表示したのは、第 3 の偏光ビームスプリッター



4の三角プリズム4Aの37.3℃であった。逆に、最も低い温度を表示したのは、第4の偏光ビームスプリッター5で29℃～30℃であった。

なお、図4の温度差は、より高輝度の光源を適用すればさらに拡大する傾向にある。

#### 【0055】

第1の偏光ビームスプリッター2のプリズム2Aの温度が最も高くなった理由は、当該プリズム2AをR、G、B光の入射光及び戻り光が共に通過するためと考えられる。また、第3の偏光ビームスプリッター4のプリズム4Aが2番目に高くなった理由は、R、B光の2色の入射光と戻り光が通過するためと考えられる。一方、第4の偏光ビームスプリッター5の表面温度が最も低くなった理由は、黒表示の際には第4の偏光ビームスプリッター5を通過する光が実質的に存在しないためである。

#### 【0056】

そこで、色分解合成光学系1の複屈折の問題について、偏光ビームスプリッターの透光部材であるガラス基体の光弾性定数について実験して検討した。

図5は、黒表示における複屈折の影響を調べた実験結果である。第1、第2、第3、第4の偏光ビームスプリッター2、3、4、5について、光弾性定数の異なるガラス基体を用いて試作し、各組み合わせにおける複屈折の影響を評価したものである。

なお、評価結果の記号は、図6の評価基準に基づいて行った判定結果を示し、その代表例を図6中に評価モデルとして例示した。ただし、評価モデルは、これに限定されるものではない。また、複屈折の発生状況は、評価環境によっても異なる。

#### 【0057】

評価は、比較的低輝度の100WのUHPランプ（商品名、フィリップス社製の超高圧水銀ランプ）と、中程度の輝度である150WのUHPランプ、及び高輝度の200WのUHLランプ（商品名、ウシオ社製の超高圧水銀ランプ）を使用して行った。

#### 【0058】



先ず、100Wの光源に対する複屈折の影響を説明する。

実験例1は第1、第2、第3、第4の偏光ビームスプリッターについて共に、光弾性定数が $2.77 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のBK7 (SCHOTT製)を使用した場合である。この場合には、複屈折の影響が明らかに確認されるが、表示品質をそれほど重要視しない廉価な投射表示装置には適用可能なレベル(Δ)であった。

#### 【0059】

実験例2は、第1の偏光ビームスプリッター(入射側偏光ビームスプリッター)のみを、光弾性定数が $1.8 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のSF1 (SCHOTT製)とし、他は光弾性定数が $2.77 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のBK7を適用したものである。この場合は、気を付けて観察すれば角隅に複屈折の影響が確認されるレベル(○)であった。

#### 【0060】

実験例3は、実験例2において、第1の偏光ビームスプリッター(入射側偏光ビームスプリッター)の光弾性定数がさらに小さい、 $1.36 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のSF4 (SCHOTT製)のガラス基体を適用したものである。この場合には、表示画面には複屈折の影響が全く確認されないというレベル(◎)であった。

#### 【0061】

次に、150Wの光源に対する複屈折の影響を説明する。

実験例4は、実験例1と同じ色分解合成光学系を用いたものであり、偏光ビームスプリッターは全て光弾性定数が $2.77 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のBK7によりなるものである。この場合は、複屈折の影響が明瞭に現れ使用に耐え得ないレベル(×)であった。

#### 【0062】

実験例5は、第1、第2、第3の偏光ビームスプリッターについて、光弾性定数が $1.8 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のSF1を適用し、第4の偏光ビームスプリッター(出射側偏光ビームスプリッター)には光弾性定数が $2.77 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のBK7を適用したものである。この場合、複屈折の影響は明らかに確認で

きるが廉価な投射装置には適用できるレベル ( $\Delta$ ) であった。

### 【0063】

実施例6は、第1、第2、第3の偏光ビームスプリッターについて、光弾性定数がさらに小さい $1.36 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のSF4を適用し、第4の偏光ビームスプリッター（出射側偏光ビームスプリッター）には光弾性定数が $2.77 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のBK7を適用したものである。この場合、気を付けて観察すれば複屈折の影響が角隅に確認できるレベル ( $\circ$ ) であった。

### 【0064】

実験例7は、第1の偏光ビームスプリッター（入射側偏光ビームスプリッター）について光弾性定数が $1.36 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のSF4を、第2及び第3の偏光ビームスプリッター（主偏光ビームスプリッター）について光弾性定数が $1.8 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のSF1を、第4の偏光ビームスプリッター（出射側偏光ビームスプリッター）について光弾性定数が $2.77 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のBK7を適用したものである。この場合は、気を付けて観察すれば複屈折の影響が角隅に確認できるレベル ( $\circ$ ) であった。

### 【0065】

実験例8は、第1の偏光ビームスプリッター（入射側偏光ビームスプリッター）のみを、光弾性定数がさらに小さい $0.65 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のPBH6W（Ohara製）とし、他は光弾性定数が $2.62 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のSF2を適用したものである。この場合は、気を付けて観察すれば複屈折の影響が角隅に確認できるレベル ( $\circ$ ) であった。

### 【0066】

実験例9は、第1の偏光ビームスプリッター（入射側偏光ビームスプリッター）について光弾性定数が $0.65 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のPBH6Wを、第2及び第3の偏光ビームスプリッター（主偏光ビームスプリッター）について光弾性定数が $1.8 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のSF1を、第4の偏光ビームスプリッター（出射側偏光ビームスプリッター）について光弾性定数が $2.62 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のSF2を適用したものである。この場合、表示画面には複屈折の影響が全く確認されないというレベル ( $\odot$ ) であった。

## 【 0 0 6 7 】

次に、200Wの光源に対する複屈折の影響を説明する。

実験例10は、第1、第2、第3、第4の偏光ビームスプリッター全てについて、光弾性定数が $1.8 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のSF1を適用したものである。この場合は、複屈折の影響が明瞭に現れ使用に耐え得ないレベル（×）であった。

## 【 0 0 6 8 】

実験例11は、第1の偏光ビームスプリッター（入射側偏光ビームスプリッター）のみを、光弾性定数が $0.65 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のPBH6Wとし、他は光弾性定数が $2.62 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のSF2を適用したものである。この場合、複屈折の影響は明らかに確認できるが廉価な投射装置には適用できるレベル（△）であった。

## 【 0 0 6 9 】

実験例12は、第1の偏光ビームスプリッター（入射側偏光ビームスプリッター）について光弾性定数が $0.65 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のPBH6Wを、第2及び第3の偏光ビームスプリッター（主偏光ビームスプリッター）について光弾性定数が $1.8 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のSF1を、第4の偏光ビームスプリッター（出射側偏光ビームスプリッター）について光弾性定数が $2.62 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のSF2を適用したものである。この場合は、気を付けて観察すれば複屈折の影響が角隅に確認できるレベル（○）であった。

## 【 0 0 7 0 】

実験例13は、第1、第2、第3の偏光ビームスプリッターについて、光弾性定数が $0.65 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のPBH6Wを適用し、第4の偏光ビームスプリッター（出射側偏光ビームスプリッター）には光弾性定数が $2.62 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のSF2を適用したものである。この場合は、表示画面には複屈折の影響が全く確認されないというレベル（◎）であった。

## 【 0 0 7 1 】

実験例14は、第1の偏光ビームスプリッター（入射側偏光ビームスプリッター）のみを、光弾性定数が最も小さい $0.03 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のPBH55（O h a r a 製）とし、他は光弾性定数が $0.65 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ のPBH

6 Wを適用したものである。この場合は、表示画面には複屈折の影響が全く確認されないというレベル (◎) であった。

## 【0072】

実験例15は、第1、第2、第3の偏光ビームスプリッターについて、光弾性定数が  $0.03 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$  のPBH55を適用し、第4の偏光ビームスプリッター（出射側偏光ビームスプリッター）には光弾性定数が  $2.62 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$  のSF2を適用したものである。この場合は、表示画面には複屈折の影響が全く確認されないというレベル (◎) であった。

## 【0073】

複屈折の発生のしかたは、偏光ビームスプリッターに適用する透光部材であるガラス基体の光弾性定数と、使用する光源の輝度によって異なるが、以上の実験結果を総合して判断すると次のようになる。

即ち、第1の偏光ビームスプリッター（入射側偏光ビームスプリッター）の光弾性定数を  $K_i$ 、第2及び第3の偏光ビームスプリッター（主偏光ビームスプリッター）の光弾性定数を  $K_m$ 、第4の偏光ビームスプリッター（出射側偏光ビームスプリッター）の光弾性定数を  $K_o$  とすると、 $K_i < K_m$  及び  $K_o$  の関係を満たすように各偏光ビームスプリッターのガラス基体を選択することが必要である。この場合、 $K_i < 1 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$  となるように第1の偏光ビームスプリッターのガラス基体を選択すると、200 Wクラスの高輝度光源を使用しても複屈折の問題を解消することができる。

## 【0074】

好ましくは、 $K_i < K_m < K_o$  の関係を満たすように各偏光ビームスプリッターのガラス基体を選択することが必要である。この場合、 $K_i < 1 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ 、 $K_m < 2 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$  となるように第1及び第2の偏光ビームスプリッターのガラス基体を選択すると、200 Wクラスの高輝度光源を使用しても複屈折の問題を解消することができる。

## 【0075】

より好ましくは、 $K_i$  及び  $K_m < K_o$  の関係を満たすように各偏光ビームスプリッターのガラス基体を選択することが必要である。この場合、 $K_i$  及び  $K_m <$

$1 \times 10^{-8} \text{ cm}^2 / \text{N}$  となるように第 1 及び第 2 の偏光ビームスプリッターのガラス基体を選択すると、200Wクラスの高輝度光源を使用しても複屈折の問題を解消することができる。

#### 【0076】

次に、図 7 を参照して本発明の第 2 実施形態に係る色分解合成光学系を説明する。

図 7 は、本発明の第 2 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

図 1 と同一要素については同一符号を用いて示し、説明は省略する。

同 7 において、70 は色分解合成光学系であり、その構成は図 1 と同様であるが、異なる点は第 1、第 2、第 3、第 4 の偏光ビームスプリッター 2、3、4、5、G 用位相板 6、7 及び R 用位相板 8、9 の全ての光学部材を接着材等の接合部材 10 によって接合して一体化した点である。

#### 【0077】

さらに、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の透光部材の光弾性定数を  $K_i$ 、第 2 及び第 3 の偏光ビームスプリッター 3、4 の透光部材の光弾性定数を  $K_m$ 、第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の透光部材の光弾性定数を  $K_o$  としたとき、 $K_i < K_m$  及び  $K_o$ 、または  $K_i < K_m < K_o$ 、若しくは  $K_i$  及び  $K_m < K_o$  の条件を満たすように各偏光ビームスプリッターの透光部材の光弾性定数が選択される。

本発明の第 2 実施形態によれば、全ての光学部材が接合されているため、投射表示装置等に適用した場合にレジズレ等に対して安定である。

#### 【0078】

次に、本発明の第 3 実施形態について説明する。

図 8 は、本発明の第 3 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

ここでは、本発明の第 2 実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

図 8 において、80 が本発明の第 3 実施形態に係る色分解合成光学系である。

図 7 の本発明の第 2 実施形態と類似の構成であるが、入射側に配置した G 用位相板 6 と第 1 の偏光ビームスプリッター（入射側偏光ビームスプリッター）2 とを、他の接合された光学部材（第 2、第 3、第 4 の偏光ビームスプリッター 3、4



、5、出射側に配置したG用位相板7及びR用位相板8、9の接合体) 11から分離し、当該接合された光学部材11に粘着材またはカップリングオイル等の緩衝部材12によって貼り付けたものである。

【0079】

さらに、本発明の第1実施形態と同様に $K_i < K_m$ 及び $K_o$ 、または $K_i < K_m < K_o$ 、若しくは $K_i$ 及び $K_m < K_o$ の条件を満たすように各偏光ビームスプリッターの透光部材の光弾性定数が選択される。

なお、第1の偏光ビームスプリッター2とG用位相板6は、接合部材10で接合されていてもまたは粘着材等の緩衝部材12等で貼り付けられていても若しくは分離されていてもかまわない。

【0080】

本発明の第3実施形態によれば、第1の偏光ビームスプリッター（入射側偏光ビームスプリッター）2が、接合された光学部材11に対して自由度を有しているために、光の通過によって第1の偏光ビームスプリッター2の温度が、接合された光学部材11の温度よりも高くなった場合であっても、温度差による熱応力が第1の偏光ビームスプリッター2に生じ難く、複屈折の問題が生成し難いという効果がある。

【0081】

次に、本発明の第4実施形態について説明する。

図9は、本発明の第4実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

ここでは、本発明の第2実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

図9において、90が本発明の第4実施形態に係る色分解合成光学系である。

図7の本発明の第2実施形態と類似の構成であるが、入射側に配置したG用位相板6と第1の偏光ビームスプリッター（入射側偏光ビームスプリッター）2とを、他の接合された光学部材11から分離し独立して備えたものである。

さらに、本発明の第1実施形態と同様に $K_i < K_m$ 及び $K_o$ 、または $K_i < K_m < K_o$ 、若しくは $K_i$ 及び $K_m < K_o$ の条件を満たすように各偏光ビームスプリッターの透光部材の光弾性定数が選択される。

【0082】



なお、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 と G 用位相板 6 は、接合部材 1 0 で接合されていてもまたは粘着材等の緩衝部材 1 2 等で貼り付けられていても若しくは分離されていてもかまわない。

本発明の第 4 実施形態によれば、第 1 の偏光ビームスプリッター（入射側偏光ビームスプリッター） 2 は、接合された光学部材 1 1 から分離されているため、光の通過によって生じる熱応力は、接合された光学部材 1 1 に無関係に第 1 の偏光ビームスプリッター 2 自身の内部温度差のみによって生成される。従って、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の光学部材の光弾性定数が上記の条件を満たすように選択されると、複屈折の問題を抑制することができる。

#### 【 0 0 8 3 】

次に、本発明の第 5 実施形態について説明する。

図 1 0 は、本発明の第 5 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

図 1 0 において、1 0 0 が本発明の第 5 実施形態に係る色分解合成光学系であり、第 2、第 4 の偏光ビームスプリッター 3、5 と、出射側の G 用位相板 7 及び R 用位相板 9 とを接合部材 1 0 によって接合して一体化し、第 1 及び第 3 の偏光ビームスプリッター 2、4 は分離独立して備えたものである。

さらに、本発明の第 1 実施形態と同様に  $K_i < K_m$  及び  $K_o$ 、または  $K_i < K_m < K_o$ 、若しくは  $K_i$  及び  $K_m < K_o$  の条件を満たすように各偏光ビームスプリッターの透光部材の光弾性定数が選択される。

#### 【 0 0 8 4 】

なお、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 と G 用位相板 6、また第 3 の偏光ビームスプリッター 4 と R 用位相板 8 は、接合部材 1 0 で接合されていてもまたは粘着材等の緩衝部材 1 2 等で貼り付けられていても若しくは分離されていてもかまわない。

本発明の第 5 実施形態によれば、光の通過で高温になり易い第 1 及び第 3 の偏光ビームスプリッター 2、4 を分離独立して備えているため、複屈折に係る熱応力は当該偏光ビームスプリッター自身の内部温度差によって生成されるので、第 1、第 3 の偏光ビームスプリッター 2、4 の光学部材の光弾性定数が上記の条件

を満たすように選択されると、複屈折の問題を抑制することができる。

【 0 0 8 5 】

次に、本発明の第 6 実施形態について説明する。

図 1 1 は、本発明の第 6 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

。

図 1 1 において、1 1 0 が本発明の第 6 実施形態に係る色分解合成光学系であり、第 3、第 4 の偏光ビームスプリッター 4、5 と、出射側の G 用位相板 7 と、R 用位相板 8、9 とを接合部材 1 0 で接合し、第 1 及び第 2 の偏光ビームスプリッターを共に分離独立して備えたものである。

さらに、本発明の第 1 実施形態と同様に  $K_i < K_m$  及び  $K_o$ 、または  $K_i < K_m < K_o$ 、若しくは  $K_i$  及び  $K_m < K_o$  の条件を満たすように各偏光ビームスプリッターの透光部材の光弾性定数が選択される。

【 0 0 8 6 】

なお、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 と G 用位相板 6 は、接合部材 1 0 で接合されていてもまたは粘着材等の緩衝部材 1 2 等で貼り付けられていても若しくは分離されていてもかまわない。

本発明の第 6 実施形態によれば、光の通過で高温になり易い第 1 の偏光ビームスプリッター 2 を分離独立して備えているため、複屈折に係る熱応力は当該偏光ビームスプリッター自身の内部温度差によって生成されるので、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の光学部材の光弾性定数が上記の条件を満たすように選択されると、複屈折の問題を抑制することができる。

【 0 0 8 7 】

次に、本発明の第 7 実施形態について説明する。

図 1 2 は、本発明の第 7 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

。

図 1 2 において、1 2 0 は本発明の第 7 実施形態の色分解合成光学系であり、図 7 の本発明の第 2 実施形態と類似の構成である。ただ、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 と R 用位相板 8 との間にスリット 1 3 を備えた点異なる。

また、本発明の第 1 実施形態と同様に  $K_i < K_m$  及び  $K_o$ 、または  $K_i < K_m$

$K_o$ 、若しくは $K_i$ 及び $K_m < K_o$ の条件を満たすように各偏光ビームスプリッターの透光部材の光弾性定数は選択される。

本発明の第 7 実施形態によれば、光の通過で高温なり易い第 1 と第 3 の偏光ビームスプリッター 2、4 間にスリット 13 を設けているので、熱応力が開放され易くなり複屈折の問題が低減できる。

#### 【0088】

次に、本発明の第 8 実施形態について説明する。

図 13 は、本発明の第 8 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

図 13 において、130 は本発明の第 8 実施形態の色分解合成光学系であり、図 7 の第 2 実施形態と類似の構成である。ただ、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 と第 2 の偏光ビームスプリッター 3 との間にスリット 13 を備えた点が異なる。

また、本発明の第 1 実施形態と同様に $K_i < K_m$ 及び $K_o$ 、または $K_i < K_m < K_o$ 、若しくは $K_i$ 及び $K_m < K_o$ の条件を満たすように各偏光ビームスプリッターの透光部材の光弾性定数は選択される。

本発明の第 8 実施形態によれば、光の通過で高温なり易い第 1 の偏光ビームスプリッター 2 に隣接してスリット 13 を設けているので、熱応力が開放され易くなり複屈折の問題が低減できる。

#### 【0089】

次に、本発明の第 9 実施形態について説明する。

図 14 は、本発明の第 9 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。図 1 の本発明の第 1 実施形態と同一の要素については同一の符号を用いて示し、説明は省略する。また、ここでは本発明の第 1 実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

#### 【0090】

図 14 において、140 が本発明の第 9 実施形態の色分解合成光学系である。第 3 の波長選択性反射手段 14、15 が B 光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる B 用位相板（図 32 を参照）である点が本発明の第 1 実施形態と異なる部分である。こ

のため、R光対応の反射型空間光変調素子62と、B光対応の反射型空間光変調素子63の配置位置が入れ替えられる。

#### 【0091】

この場合、上記したように第3の波長選択性反射手段14、15がB用位相板であるために、R光はこれらによって何ら影響を受けることがない。従って、入射したR光のS偏光はそのまま第1及び第3の偏光ビームスプリッター2、4の偏光分離面21、41で共に反射されてR光対応の反射型空間光変調素子62に入射し、ここで変調されたP偏光成分がそのまま第3及び第4の偏光ビームスプリッター4、5の偏光分離面41、51を共に透過し、さらにG用位相板7をそのまま透過して射出する。

#### 【0092】

一方、B光のS偏光は、第1の偏光ビームスプリッター2の偏光分離面21で反射された後、第3の波長選択性偏光変換手段（以下、B用位相板という）14においてP偏光に変換される。そして、第3の偏光ビームスプリッター4の偏光分離面41を透過してB光対応の反射型空間光変調素子63に入射する。

ここで変調されたB光のS偏光成分は、第3の偏光ビームスプリッター4の偏光分離面41で反射され、さらにB用位相板15においてP偏光に変換される。そして、B光のP偏光が第4の偏光ビームスプリッター5の偏光分離面51及びG用位相板7をそのまま透過して射出する。

G光は本発明の第1実施形態（図1を参照）において説明したものと同一であり、3原色光の偏波面はP偏光に揃えられて色分解合成光学系140を射出する。

#### 【0093】

次に、本発明の第10実施形態について説明する。

図15は、本発明の第10実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。図1の本発明の第1実施形態と同一の要素については同一の符号を用いて示し、説明は省略する。また、ここでは本発明の第1実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

#### 【0094】

図 1 5 において、1 5 0 が本発明の第 1 0 実施形態の色分解合成光学系である。本発明の第 1 実施形態と異なる部分は、第 1 と第 2 の偏光ビームスプリッター 2、3 間及び第 2 と第 4 の偏光ビームスプリッター 3、5 間に G 光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる G 用位相板 1 6、1 7 を追加して挿入している点である。このため、G 光対応の反射型空間光変調素子 6 1 は第 2 の偏光ビームスプリッター 3 の透光面 3 d 側に配置される。

#### 【0 0 9 5】

この場合、G 光の S 偏光は G 用位相板 6 において P 偏光に変換され、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の偏光分離面 2 1 を透過し、さらに G 用位相板 1 6 において再び S 偏光に変換され、第 2 の偏光ビームスプリッター 3 の偏光分離面 3 1 で反射されて G 光対応の反射型空間光変調素子 6 1 に入射する。

ここで変調され生成した G 光の P 偏光成分は、第 2 の偏光ビームスプリッター 3 の偏光分離面 3 1 を透過し、G 用位相板 1 7 において S 偏光に変換される。そして、G 光は第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の偏光分離面 5 1 で反射され、さらに G 用位相板 7 において P 偏光に変換されて本発明の第 1 0 実施形態の色分解合成光学系 1 5 0 を射出する。

一方、R 光、B 光は本発明の第 1 実施形態と同じであるために、3 原色光の偏波面は P 偏光に揃えられて色分解合成光学系 1 5 0 を射出する。

#### 【0 0 9 6】

次に、本発明の第 1 1 実施形態について説明する。

図 1 6 は、本発明の第 1 1 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。図 1 6 に示すように、本発明の第 1 1 実施形態の色分解合成光学系 1 6 0 は第 1 と第 2 の偏光ビームスプリッター 2、3 間及び第 2 と第 4 の偏光ビームスプリッター 3、5 間に G 光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる G 用位相板 1 6、1 7 を配置し、また、第 1 と第 3 の偏光ビームスプリッター 2、4 間及び第 3 と第 4 の偏光ビームスプリッター 4、5 間に B 光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる B 用位相板 1 4、1 5 を配置したものである。

#### 【0 0 9 7】

当該色分解合成光学系 1 6 0 は、G 光の光路に対しては本発明の第 1 0 実施形



態を、また R 光、B 光の光路に対しては本発明の第 9 実施形態が適用されたものである。

R、G、B 光の各偏波面の変化の様子は、本発明の第 9、第 10 実施形態で説明した通りであるので、ここでは説明を省略するが、3 原色光の偏波面は P 偏光に揃えられて色分解合成光学系 160 を射出する。

【0098】

次に、本発明の第 12 実施形態について説明する。

図 17 は、本発明の第 12 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。図 17 に示すように、当該色分解合成光学系 170 は、3 色光の射出方向が第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の透光面 5b 側となっている点が本発明の第 1 実施形態（図 1 を参照）と異なる。そこで、本発明の第 1 実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

【0099】

3 原色光の射出方向を第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の透光面 5b 側としたことに伴って、第 2 と第 4 の偏光ビームスプリッター 3、5 間に G 用位相板 17 を、また、第 3 と第 4 の偏光ビームスプリッター 4、5 間の波長選択性偏光変換手段を B 用位相板 15 に置き換えたものである。

【0100】

この場合、G 光については、G 光対応の反射型空間光変調素子 61 で変調されて生成した S 偏光が、第 2 の偏光ビームスプリッター 3 の偏光分離面 31 で反射され、G 用位相板 17 に入射する。ここで G 光は偏光変換されて P 偏光となり、第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の偏光分離面 51 を透過して透光面 5b より射出し、G 用位相板 7 において再び偏光変換されて S 偏光となって射出する。

【0101】

また、R 光については、R 光対応の反射型空間光変調素子 62 で変調されて生成した S 偏光成分が、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 41 で反射され、B 用位相板 15 をそのまま透過した後、第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の偏光分離面 51 で反射されて、S 偏光のまま G 用位相板 7 を射出する。

【0102】



一方、B光については、B光対応の反射型空間光変調素子63で変調されて生成したP偏光成分が、第3の偏光ビームスプリッター4の偏光分離面41を透過し、B用位相板15においてS偏光に変換された後、第4の偏光ビームスプリッター5の偏光分離面51で反射されて、S偏光のままG用位相板7を射出する。

こうして、3原色光の偏波面はS偏光に揃えられて色分解合成光学系170を射出する。

#### 【0103】

次に、本発明の第13実施形態について説明する。

図18は、本発明の第13実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。図18に示すように、当該色分解合成光学系180は、3色光の射出方向が第4の偏光ビームスプリッター5の透光面5b側となっている点が本発明の第9実施形態（図14を参照）と異なる。そこで、第9実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

#### 【0104】

3原色光の射出方向を第4の偏光ビームスプリッター5の透光面5b側としたことに伴って、第2と第4の偏光ビームスプリッター3、5間にG用位相板17を、また、第3と第4の偏光ビームスプリッター4、5間にR用位相板9を配置している。

この場合、G光については、前述の本発明の第12実施形態と同じであるために説明を省略する。

#### 【0105】

R光については、R光対応の反射型空間光変調素子62で変調されて生成したP偏光成分が、第3の偏光ビームスプリッター4の偏光分離面41を透過し、R用位相板9においてS偏光に変換された後、第4の偏光ビームスプリッター5の偏光分離面51で反射されて、S偏光のままG用位相板7を射出する。

#### 【0106】

一方、B光については、B光対応の反射型空間光変調素子63で変調されて生成したS偏光成分が、第3の偏光ビームスプリッター4の偏光分離面41で反射され、R用位相板9をそのまま透過した後、第4の偏光ビームスプリッター5の

偏光分離面 5 1 で反射されて、S 偏光のまま G 用位相板 7 を射出する。

こうして、3 原色光の偏波面は S 偏光に揃えられて色分解合成光学系 1 8 0 を射出する。

#### 【0 1 0 7】

次に、本発明の第 1 4 実施形態について説明する。

図 1 9 は、本発明の第 1 4 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

図 1 9 において、1 9 0 が本発明の第 1 4 実施形態の色分解合成光学系である。前述の本発明の第 1 2 実施形態（図 1 7 を参照）と異なる部分は、第 1 と第 2 の偏光ビームスプリッター 2、3 間に G 光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる G 用位相板 1 6 を追加して挿入し、第 2 と第 4 の偏光ビームスプリッター 3、5 間の G 用位相板を排除している点である。このため、G 光対応の空間光変調素子 6 1 は第 2 の偏光ビームスプリッター 3 の透光面 3 d 側に配置される。

#### 【0 1 0 8】

この場合、G 光の S 偏光は G 用位相板 6 において P 偏光に変換され、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の偏光分離面 2 1 を透過し、さらに G 用位相板 1 6 において再び S 偏光に変換され、第 2 の偏光ビームスプリッター 3 の偏光分離面 3 1 で反射されて G 光対応の反射型空間光変調素子 6 1 に入射する。

ここで変調され生成した G 光の P 偏光成分は、第 2 の偏光ビームスプリッター 3 の偏光分離面 3 1 及び第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の偏光分離面 5 1 を透過する。そして、G 光は、G 用位相板 7 において S 偏光に変換されて本発明の第 1 0 実施形態の色分解合成光学系 1 9 0 を射出する。

#### 【0 1 0 9】

一方、R 光、B 光は本発明の第 1 2 実施形態と同じであるために、共に本発明の第 1 4 実施形態の色分解合成光学系 1 9 0 を射出するときは S 偏光であり、3 原色光の偏波面は S 偏光に揃えられて色分解合成光学系 1 9 0 を射出することとなる。

#### 【0 1 1 0】

次に、本発明の第 1 5 実施形態について説明する。

図 2 0 は、本発明の第 1 5 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

図 2 0 に示すように、本発明の第 1 5 実施形態に係る色分解合成光学系 2 0 0 は、前述の本発明の第 1 4 実施形態の色分解合成光学系 1 9 0 において、第 1 と第 3 の偏光ビームスプリッター 2、4 間の波長選択性偏光変換手段を、B 光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる B 用位相板 1 4 に、第 3 と第 4 の偏光ビームスプリッター 4、5 間の波長選択性偏光変換手段を、R 光の偏波面を  $90^\circ$  回転させる R 用位相板 9 に置き換えたものである。

この場合、G 光については、本発明の第 1 4 実施形態と同じであるために説明を省略する。

#### 【0 1 1 1】

R 光については、S 偏光が G 用位相板 6 をそのまま透過し、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の偏光分離面 2 1 で反射した後、B 用位相板 1 4 をそのまま透過して、さらに第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1 で反射して R 光対応の反射型空間光変調素子 6 2 に達する。

当該反射型空間光変調素子 6 2 で変調されて生成した R 光の P 偏光成分は、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1 を透過し、R 用位相板 9 に入射する。そして、ここで R 光は S 偏光に変換され第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の偏光分離面 5 1 で反射されて、S 偏光のまま G 用位相板 7 を射出する。

#### 【0 1 1 2】

一方、B 光については、S 偏光が G 用位相板 6 をそのまま透過し、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の偏光分離面 2 1 で反射した後、B 用位相板 1 4 に入射する。

当該 B 用位相板 1 4 において、B 光は P 偏光に変換される。そして、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1 を透過して B 光対応の反射型空間光変調素子 6 3 に達する。

当該反射型空間光変調素子 6 3 において変調されて生成した S 偏光は第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1 で反射され、R 用位相板 9 をそのまま透過して第 4 の偏光ビームスプリッター 5 に入射する。そして、B 光は当該第 4

の偏光ビームスプリッター 5 の偏光分離面 5 1 で反射され、S 偏光のまま G 用位相板 7 を射出する。

こうして、3 原色光の偏波面は S 偏光に揃えられて色分解合成光学系 2 0 0 を射出する。

#### 【 0 1 1 3 】

次に、本発明の第 1 6 実施形態について説明する。

図 2 1 は、本発明の第 1 6 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

図 2 1 に示すように、本発明の第 1 6 実施形態に係る色分解合成光学系 2 1 0 は第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の透光面 2 d 側に G 用フィルターに係る G 用位相板 6 を配置し、透光面 2 d 側から光を入射させるようにしたものである。さらに、第 1 と第 2 の偏光ビームスプリッター 2、3 間及び第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の透光面 5 c 側に G 用フィルターに係る G 用位相板 1 6、7 を配置している。また、第 1 と第 3 の偏光ビームスプリッター 2、4 間には R 用位相板 8 を、第 3 と第 4 の偏光ビームスプリッター 3、5 間には B 用位相板 1 5 を配置している。

#### 【 0 1 1 4 】

この場合、色分解合成光学系 2 1 0 に入射される 3 原色光は P 偏光である。また、第 2 の偏光ビームスプリッター 3 の透光面 3 c 側に G 光対応の反射型空間光変調素子 6 1 が配置され、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の透光面 4 a 側に R 光対応の反射型空間光変調素子 6 2 が、透光面 4 b 側に B 光対応の反射型空間光変調素子 6 3 が配置される。

#### 【 0 1 1 5 】

色分解合成光学系 2 1 0 に入射した P 偏光の G 光は、G 用位相板 6 で S 偏光に変換され、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 に入射し、偏光分離面 2 1 で反射される。そして、G 用位相板 1 6 において偏光変換されて P 偏光となり、第 2 の偏光ビームスプリッター 3 の偏光分離面 3 1 を透過して G 光対応の反射型空間光変調素子 6 1 に達する。

当該反射型空間光変調素子 6 1 において変調されて生成した G 光の S 偏光成分

は、第 2 及び第 4 の偏光ビームスプリッター 3、5 の偏光分離面 3 1、5 1 で反射され、G 用位相板 7 において P 偏光に変換され射出する。

【 0 1 1 6 】

また、P 偏光の R 光は、G 用位相板 6 及び第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の偏光分離面 2 1 をそのまま透過し、R 用位相板 8 に入射する。そして、当該 R 用位相板 8 において S 偏光に変換された後、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1 で反射されて R 光対応の反射型空間光変調素子 6 2 に達する。

当該反射型空間光変調素子 6 2 で変調されて生成した P 偏光の R 光は第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1、B 用位相板 1 5、第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の偏光分離面 5 1、G 用位相板 7 を共に P 偏光のまま透過して射出する。

【 0 1 1 7 】

また、P 偏光の B 光は、G 用位相板 6、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の偏光分離面 2 1、R 用位相板 8、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1 をそのまま透過し B 光対応の反射型空間光変調素子 6 3 に達する。

当該反射型空間光変調素子 6 3 で変調されて生成した S 偏光の B 光は、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1 で反射された後、B 用位相板 1 5 で P 偏光に変換され、第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の偏光分離面 5 1、G 用位相板 7 を共に P 偏光のまま透過して射出する。

こうして、3 原色光の偏波面は P 偏光に揃えられて色分解合成光学系 2 1 0 を射出する。

【 0 1 1 8 】

次に、本発明の第 1 7 実施形態について説明する。

図 2 2 は、本発明の第 1 7 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。ここでは、本発明の第 1 6 実施形態（図 2 1 を参照）と異なる部分についてのみ説明する。

図 2 2 に示すように、本発明の第 1 7 実施形態に係る色分解合成光学系 2 2 0 は、第 1 と第 3 の偏光ビームスプリッター 2、4 間の波長選択性偏光変換手段を、B 用位相板 1 4 に、第 3 と第 4 の偏光ビームスプリッター 3、5 間の波長選択



性偏光変換手段を R 用位相板 9 に置き換えたものである。そのため、R 光対応の反射型空間光変調素子 6 2 と、B 光対応の反射型空間光変調素子 6 3 の配置が入れ替わることとなる。

この場合、G 光については、前述の本発明の第 1 6 実施形態と同じであるために説明は省略する。

【 0 1 1 9 】

P 偏光の R 光は、G 用位相板 6、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の偏光分離面 2 1、B 用位相板 1 4、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1 をそのまま透過して R 光対応の反射型空間光変調素子 6 2 に達する。

当該反射型空間光変調素子 6 2 で変調されて生成した S 偏光の R 光は、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1 で反射された後、R 用位相板 9 で P 偏光に変換され、第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の偏光分離面 5 1 及び G 用位相板 7 を P 偏光のまま透過して射出する。

【 0 1 2 0 】

また、P 偏光の B 光は、G 用位相板 6、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の偏光分離面 2 1 をそのまま透過した後、B 用位相板 1 4 において S 偏光に変換され、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1 で反射されて B 光対応の反射型空間光変調素子 6 3 に達する。

当該反射型空間光変調素子 6 3 で変調されて生成した P 偏光の B 光は、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1、R 用位相板 9、第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の偏光分離面 5 1、G 用位相板 7 を P 偏光のまま透過して射出する。

こうして、3 原色光の偏波面は P 偏光に揃えられて色分解合成光学系 2 2 0 を射出する。

【 0 1 2 1 】

次に、本発明の第 1 8 実施形態について説明する。

図 2 3 は、本発明の第 1 8 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。ここでは、本発明の第 1 6 実施形態（図 2 1 を参照）と異なる部分についてのみ説明する。

図 2 3 に示すように、本発明の第 1 8 実施形態に係る色分解合成光学系 2 3 0 は、本発明の第 1 6 実施形態において第 1 と第 2 の偏光ビームスプリッター 2、3 間の波長選択性偏光変換手段を除去し、第 2 と第 4 の偏光ビームスプリッター 3、5 間に G 用位相板 1 7 を配置したものである。そのため、G 光対応の反射型空間光変調素子 6 1 は第 2 の偏光ビームスプリッター 3 の透光面 3 d 側に配置されることとなる。

この場合、R 光、B 光については、前述の本発明の第 1 6 実施形態と同じであるために説明は省略する。

#### 【 0 1 2 2 】

P 偏光の G 光は、G 用位相板 6 において S 偏光に変換され、第 1 及び第 2 の偏光ビームスプリッター 2、3 の偏光分離面 2 1、3 1 で反射されて G 光対応の反射型空間光変調素子 6 1 に達する。

当該反射型空間光変調素子 6 1 で変調されて生成した P 偏光成分の G 光は、第 2 の偏光ビームスプリッター 3 の偏光分離面 3 1 を透過した後、G 用位相板 1 7 で S 偏光に変換され、第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の偏光分離面 5 1 で反射され、さらに G 用位相板 7 で P 偏光に再度変換されて射出する。

こうして、3 原色光の偏波面は P 偏光に揃えられて色分解合成光学系 2 3 0 を射出する。

#### 【 0 1 2 3 】

次に、本発明の第 1 9 実施形態について説明する。

図 2 4 は、本発明の第 1 9 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。ここでは、本発明の第 1 8 実施形態（図 2 3 を参照）と異なる部分についてのみ説明する。

図 2 4 に示すように、本発明の第 1 9 実施形態に係る色分解合成光学系 2 4 0 は、本発明の第 1 8 実施形態において第 1 と第 3 の偏光ビームスプリッター 2、4 間の波長選択性偏光変換手段を B 用位相板 1 4 に、第 3 と第 4 の偏光ビームスプリッター 4、5 間の波長選択性偏光変換手段を R 用位相板 9 に置き換えたものである。そのため、R 光対応の反射型空間光変調素子 6 2 と B 光対応の反射型空間光変調素子 6 3 とが入れ替えて配置されることとなる。

この場合、G光については本発明の第18実施形態（図23を参照）と同様に作用し、P偏光として射出する。また、R光及びB光は本発明の第17実施形態（図22を参照）と同様に作用し、P偏光として射出する。

こうして、3原色光の偏波面はP偏光に揃えられて色分解合成光学系240を射出する。

#### 【0124】

次に、本発明の第20実施形態について説明する。

図25は、本発明の第20実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

図25に示すように、当該色分解合成光学系250は、3色光の射出方向が第4の偏光ビームスプリッター5の透光面5b側となっている点为本発明の第16実施形態（図21を参照）と異なる。そこで、本発明の第16実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

#### 【0125】

3原色光の射出方向を第4の偏光ビームスプリッター5の透光面5b側としたことに伴って、第2と第4の偏光ビームスプリッター3、5間にG用位相板17を、また、第3と第4の偏光ビームスプリッター4、5間の波長選択性偏光変換手段をR用位相板9に置き換えたものである。

#### 【0126】

この場合、G光については、G光対応の反射型空間光変調素子61で変調されて生成したS偏光が、第2の偏光ビームスプリッター3の偏光分離面31で反射され、G用位相板17に入射する。ここでG光は偏光変換されてP偏光となり、第4の偏光ビームスプリッター5の偏光分離面51を透過して透光面5bより射出し、G用位相板7において再び偏光変換されてS偏光となって射出する。

#### 【0127】

また、R光については、R光対応の反射型空間光変調素子62で変調されて生成したP偏光成分が、第3の偏光ビームスプリッター4の偏光分離面41を透過し、R用位相板9においてS偏光に変換された後、第4の偏光ビームスプリッター5の偏光分離面51で反射されて、S偏光のままG用位相板7を射出する。

## 【 0 1 2 8 】

また、B光については、B光対応の反射型空間光変調素子63で変調されて生成したS偏光成分が、第3の偏光ビームスプリッター4の偏光分離面41で反射され、R用位相板9をそのまま透過した後、第4の偏光ビームスプリッター5の偏光分離面51で反射されて、S偏光のままG用位相板7を射出する。

こうして、3原色光の偏波面はS偏光に揃えられて色分解合成光学系250を射出する。

## 【 0 1 2 9 】

次に、本発明の第21実施形態について説明する。

図26は、本発明の第21実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

図26に示すように、当該色分解合成光学系260は、3色光の射出方向が第4の偏光ビームスプリッター5の透光面5b側となっている点为本発明の第17実施形態(図22を参照)と異なる。そこで、本発明の第17実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

## 【 0 1 3 0 】

3原色光の射出方向を第4の偏光ビームスプリッター5の透光面5b側としたことに伴って、第2と第4の偏光ビームスプリッター3、5間にG用位相板17を、また、第3と第4の偏光ビームスプリッター4、5間の波長選択性偏光変換手段をB用位相板15に置き換えたものである。

この場合、G光については、前述の本発明の第20実施形態(図25を参照)と同様の作用を呈するために説明を省略する。

## 【 0 1 3 1 】

R光については、R光対応の反射型空間光変調素子62で変調されて生成したS偏光成分が、第3の偏光ビームスプリッター4の偏光分離面41で反射され、B用位相板15をそのまま透過した後、第4の偏光ビームスプリッター5の偏光分離面51で反射されて、S偏光のままG用位相板7を射出する。

## 【 0 1 3 2 】

また、B光については、B光対応の反射型空間光変調素子63で変調されて生

成した P 偏光成分が、第 3 の偏光ビームスプリッター 4 の偏光分離面 4 1 を透過し、B 用位相板 1 5 において S 偏光に変換された後、第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の偏光分離面 5 1 で反射されて、S 偏光のまま G 用位相板 7 を射出する。

こうして、3 原色光の偏波面は S 偏光に揃えられて色分解合成光学系 2 6 0 を射出する。

#### 【 0 1 3 3 】

次に、本発明の第 2 2 実施形態について説明する。

図 2 7 は、本発明の第 2 2 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

図 2 7 に示すように、当該色分解合成光学系 2 7 0 は、本発明の第 2 0 実施形態（図 2 5 を参照）から第 1 と第 2 の偏光ビームスプリッター 2、3 間、及び第 2 と第 4 の偏光ビームスプリッター 3、5 間の G 用位相板 1 6、1 7 を除去したものに等しい。そこで、本発明の第 2 0 実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

この場合、G 光対応の反射型空間光変調素子 6 1 は第 2 の偏光ビームスプリッター 3 の透光面 3 d 側に配置されることとなる。

本発明の第 2 2 実施形態に係る色分解合成光学系 2 7 0 において、R 光、B 光の作用は第 2 0 実施形態と同じであるために説明を省略する。

#### 【 0 1 3 4 】

P 偏光の G 光は、G 用位相板 6 において S 偏光に変換され第 1 の偏光ビームスプリッター 2 に入射する。そして、当該第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の偏光分離面 2 1、及び第 2 の偏光ビームスプリッター 3 の偏光分離面 3 1 で共に反射されて G 光対応の反射型空間光変調素子 6 1 に達する。

当該反射型空間光変調素子 6 1 で変調されて生成した P 偏光成分の G 光は、第 2、第 4 の偏光ビームスプリッター 3、5 の偏光分離面 3 1、5 1 をそのまま透過して、G 用位相板 7 で S 偏光に変換されて、これを射出する。

こうして、3 原色光の偏波面は S 偏光に揃えられて色分解合成光学系 2 7 0 を射出する。

#### 【 0 1 3 5 】



次に、本発明の第 2 3 実施形態について説明する。

図 2 8 は、本発明の第 2 3 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

図 2 8 に示すように、当該色分解合成光学系 2 8 0 は、本発明の第 2 2 実施形態（図 2 7 を参照）において第 1 と第 3 の偏光ビームスプリッター 2、4 間、第 3 と第 4 の偏光ビームスプリッター 4、5 間の波長選択性偏個変換手段を B 用位相板 1 4、1 5 に置き換えたものに等しい。そこで、本発明の第 2 2 実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

この場合、R 光対応の反射型空間光変調素子 6 2 と B 光対応の反射型空間光変調素子 6 3 とが入れ替えて配置されることとなる。

#### 【0 1 3 6】

G 光について、その作用は本発明の第 2 2 実施形態と同様であり、また、R 光、B 光についての作用は前述の本発明の第 2 1 実施形態（図 2 6 を参照）と同様であり、3 原色の偏波面は S 偏光に揃えられて色分解合成光学系 2 8 0 を射出する。

#### 【0 1 3 7】

以上説明した本発明の第 9 乃至 2 3 実施形態はいずれも、第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の透光部材の光弾性定数を  $K_i$ 、第 2 及び第 3 の偏光ビームスプリッター 3、4 の透光部材の光弾性定数を  $K_m$ 、第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の透光部材の光弾性定数を  $K_o$  としたとき、 $K_i < K_m$  及び  $K_o$ 、または  $K_i < K_m < K_o$ 、若しくは  $K_i$  及び  $K_m < K_o$  の条件を満たすように各偏光ビームスプリッターの透光部材の光弾性定数が選択されて適用される。

#### 【0 1 3 8】

なお、以上説明してきた本発明の実施形態は、いずれも第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の入射側及び第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の射出側にそれぞれ G 用位相板を配置した構成のものであるが、もちろん他の波長選択性偏光変換手段を配置してもかまわない。但し、この場合、4 個の偏光ビームスプリッターの対向部に挿入される波長選択性偏光変換手段は、配置される反射型空間光変調素子の位置との相対関係により適宜選択される。

【 0 1 3 9 】

【発明の効果】

以上詳細に説明してきて明らかなように、本発明の色分解合成光学系は、少なくとも3原色光が集中して高温となる入射側の偏光ビームスプリッターの透光部材として、光弾性定数の小さいであるガラス基体選択して適用しているために、熱応力に起因した複屈折の発生により黒表示における黒浮き現象の問題を解消することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1実施形態を説明する概略平面図である。

【図2】

投射映像に対して複屈折の影響の発生原理を説明する略示図である。

【図3】

黒表示画面における正常表示と黒浮き表示を比較した概念図である。

【図4】

黒表示状態における各偏光ビームスプリッターの表面温度を測定した結果である。

【図5】

黒表示における複屈折の影響を各偏光ビームスプリッターの透光部材を替えて評価した実験結果である。

【図6】

図5の実験における評価基準を示した図である。

【図7】

本発明の第2実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図8】

本発明の第3実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図9】

本発明の第4実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図10】

本発明の第 5 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 1 1】

本発明の第 6 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 1 2】

本発明の第 7 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 1 3】

本発明の第 8 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 1 4】

本発明の第 9 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 1 5】

本発明の第 1 0 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 1 6】

本発明の第 1 1 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 1 7】

本発明の第 1 2 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 1 8】

本発明の第 1 3 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 1 9】

本発明の第 1 4 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 2 0】

本発明の第 1 5 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 2 1】

本発明の第 1 6 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 2 2】

本発明の第 1 7 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 2 3】

本発明の第 1 8 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 2 4】

本発明の第 1 9 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 2 5】

本発明の第 2 0 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 2 6】

本発明の第 2 1 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 2 7】

本発明の第 2 2 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 2 8】

本発明の第 2 3 実施形態に係る色分解合成光学系の概略平面図である。

【図 2 9】

反射型空間光変調素子を適用した投射表示装置の光学構成を示した概略図である。

【図 3 0】

第 1 の波長選択性偏光変換手段（G 用位相板）の特性を示した図である。

【図 3 1】

第 2 の波長選択性偏光変換手段（R 用位相板）の特性を示した図である。

【図 3 2】

第 3 の波長選択性偏光変換手段（B 用位相板）の特性を示した図である。

【符号の説明】

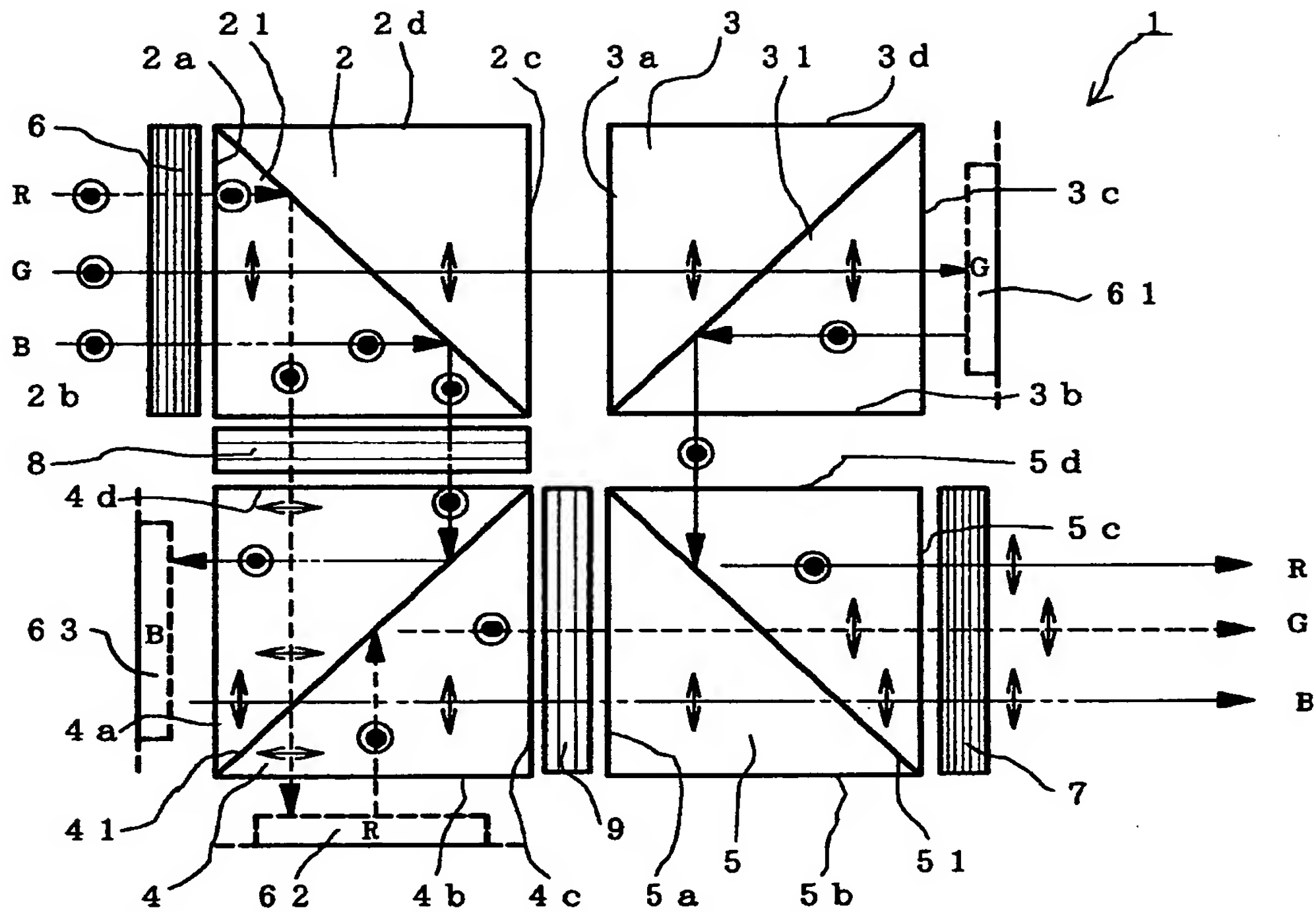
1, 7 0, 8 0, 9 0, 1 0 0, 1 1 0, 1 2 0, 1 3 0, 1 4 0, 1 5 0, 1 6 0, 1 7 0, 1 8 0, 1 9 0, 2 0 0, 2 1 0, 2 2 0, 2 3 0, 2 4 0, 2 5 0, 2 6 0, 2 7 0, 2 8 0…色分解合成光学系、2…第 1 の偏光ビームスプリッター（入射側偏光ビームスプリッター）、3…第 2 の偏光偏光ビームスプリッター（主偏光ビームスプリッター）、4…第 3 の偏光ビームスプリッター（主偏光ビームスプリッター）、5…第 4 の偏光ビームスプリッター（射出側偏光ビームスプリッター）、6, 7, 1 6, 1 7…第 1 の波長選択性偏光変換手段（G 用位相板）、8, 9…第 2 の波長選択性偏光変換手段（R 用位相板）、1 4, 1 5…第 3 の波長選択性偏光変換手段（B 用位相板）、1 0…接合部材、1 2…緩衝部材

特 2 0 0 1 - 0 1 1 5 4 4



【書類名】 図面

【図 1】



第 1 の偏光ビームスプリッター 2 の光弾性定数 :  $K_i$

第 2 及び第 3 の偏光ビームスプリッター 3, 4 の光弾性定数 :  $K_m$

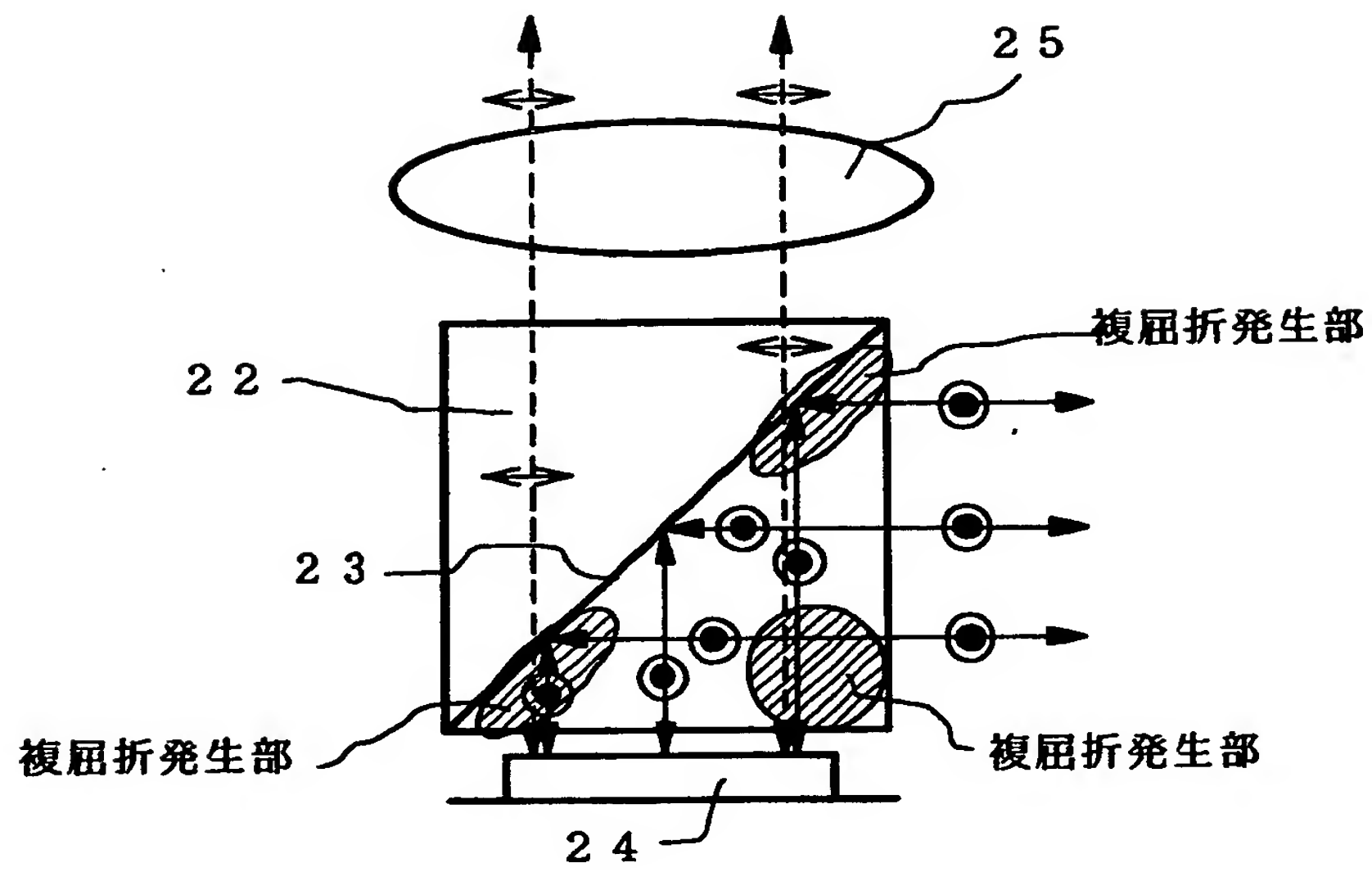
第 4 の偏光ビームスプリッター 5 の光弾性定数 :  $K_o$

$$K_i < K_m \text{ 及び } K_o$$

$$\text{または } K_i < K_m < K_o$$

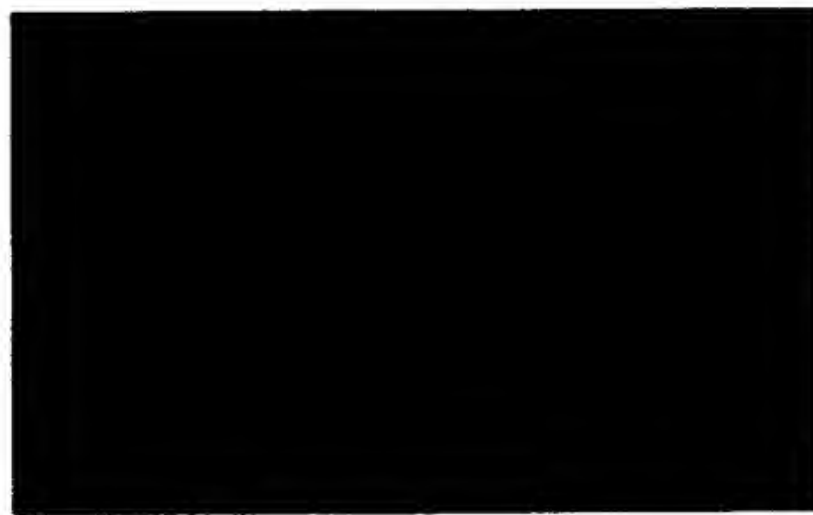
$$\text{若しくは } K_i \text{ 及び } K_m < K_o$$

【図2】



【図3】

(a)



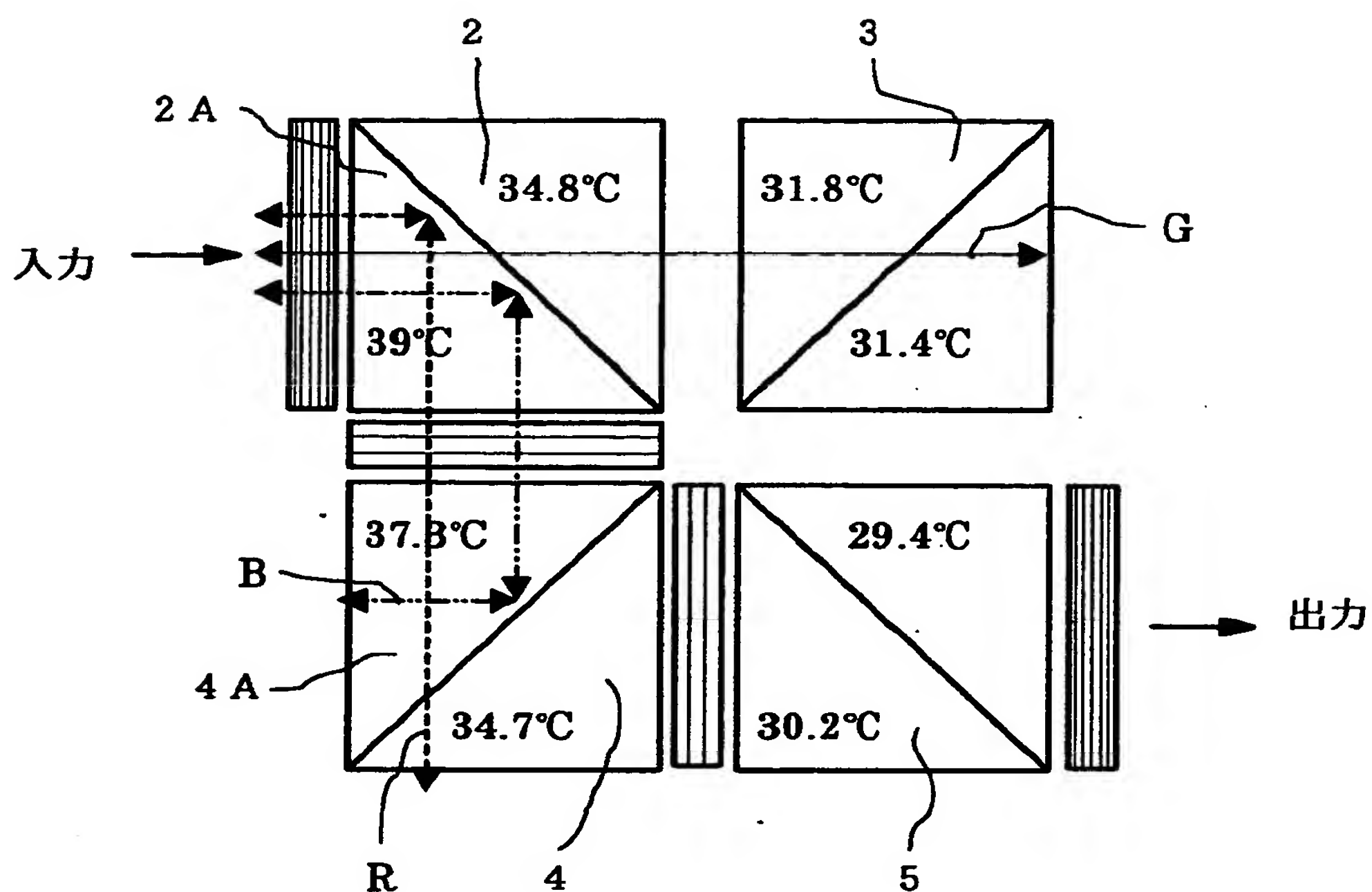
(正常表示)

(b)



(複屈折あり)

【図4】



試験条件





150W超高圧水銀ランプ使用

1時間後の温度分布例（周囲温度常温）

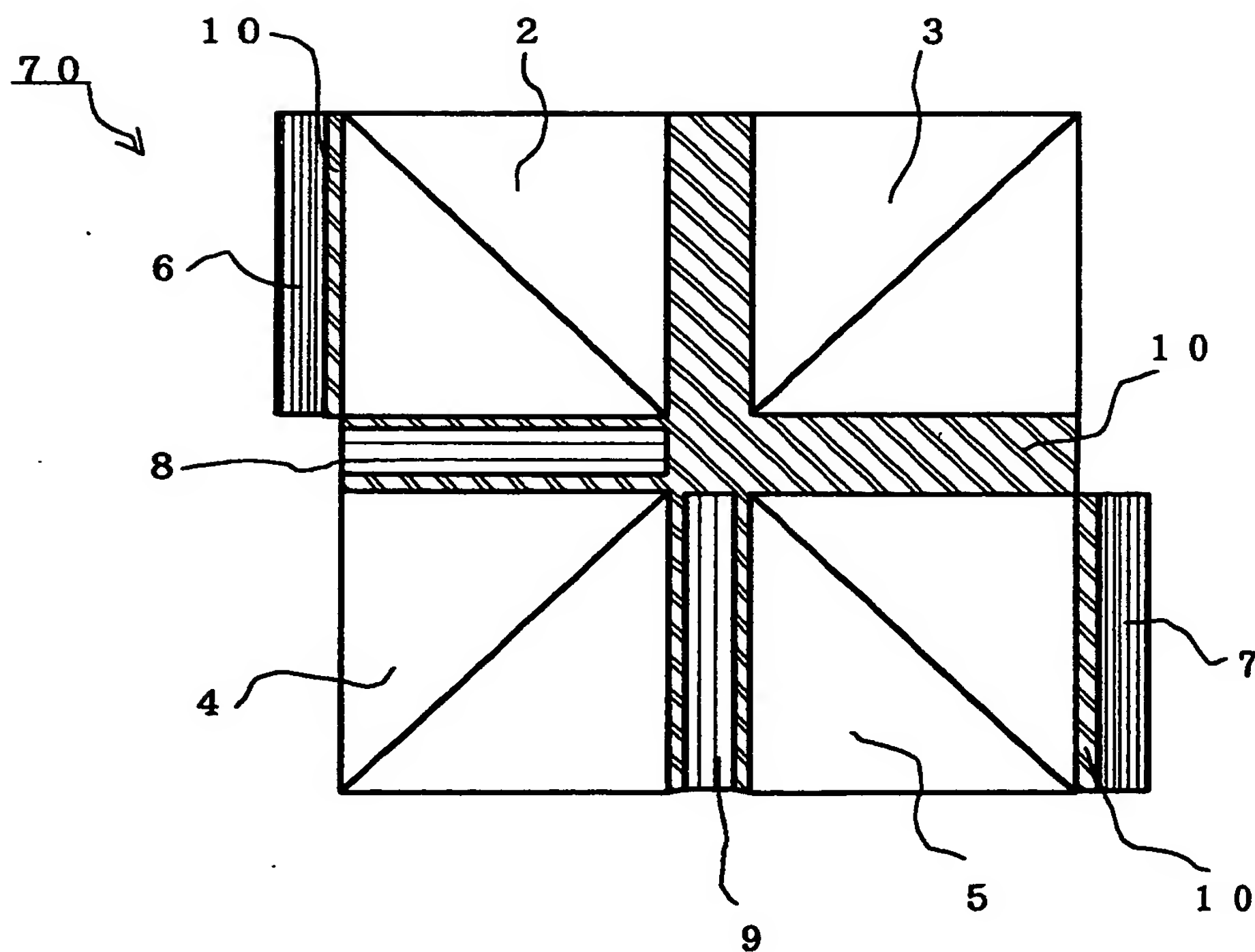
【図 5】

光源	実験例	偏光ビームスプリッター光弾性定数 ( $10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ )				評価結果
		第 1	第 2	第 3	第 4	
100 W	実験例 1	2.77(BK7)	2.77(BK7)	2.77(BK7)	2.77(BK7)	△
	実験例 2	1.8(SF1)	2.77(BK7)	2.77(BK7)	2.77(BK7)	○
	実験例 3	1.36(SF4)	2.77(BK7)	2.77(BK7)	2.77(BK7)	◎
150 W	実験例 4	2.77(BK7)	2.77(BK7)	2.77(BK7)	2.77(BK7)	×
	実験例 5	1.8(SF1)	1.8(SF1)	1.8(SF1)	2.77(BK7)	△
	実験例 6	1.36(SF4)	1.36(SF4)	1.36(SF4)	2.77(BK7)	○
	実験例 7	1.36(SF4)	1.8(SF1)	1.8(SF1)	2.77(BK7)	○
	実験例 8	0.65(PBH6W)	2.62(SF2)	2.62(SF2)	2.62(SF2)	○
	実験例 9	0.65(PBH6W)	1.8(SF1)	1.8(SF1)	2.62(SF2)	◎
200 W	実験例 10	1.8(SF1)	1.8(SF1)	1.8(SF1)	1.8(SF1)	×
	実験例 11	0.65(PBH6W)	2.62(SF2)	2.62(SF2)	2.62(SF2)	△
	実験例 12	0.65(PBH6W)	1.8(SF1)	1.8(SF1)	2.62(SF2)	○
	実験例 13	0.65(PBH6W)	0.65(PBH6W)	0.65(PBH6W)	2.62(SF2)	◎
	実験例 14	0.03(PBH55)	0.65(PBH6W)	0.65(PBH6W)	0.65(PBH6W)	◎
	実験例 15	0.03(PBH55)	0.03(PBH55)	0.03(PBH55)	2.62(SF2)	◎

【図 6】

(判定)	(評価基準)
	× 複屈折の影響が明瞭に現れ実用に耐え得ない
	△ 廉価な投射表示装置には適用可能
	○ 気を付けて観察すれば複屈折の影響が確認される
	◎ 複屈折の影響が確認されない

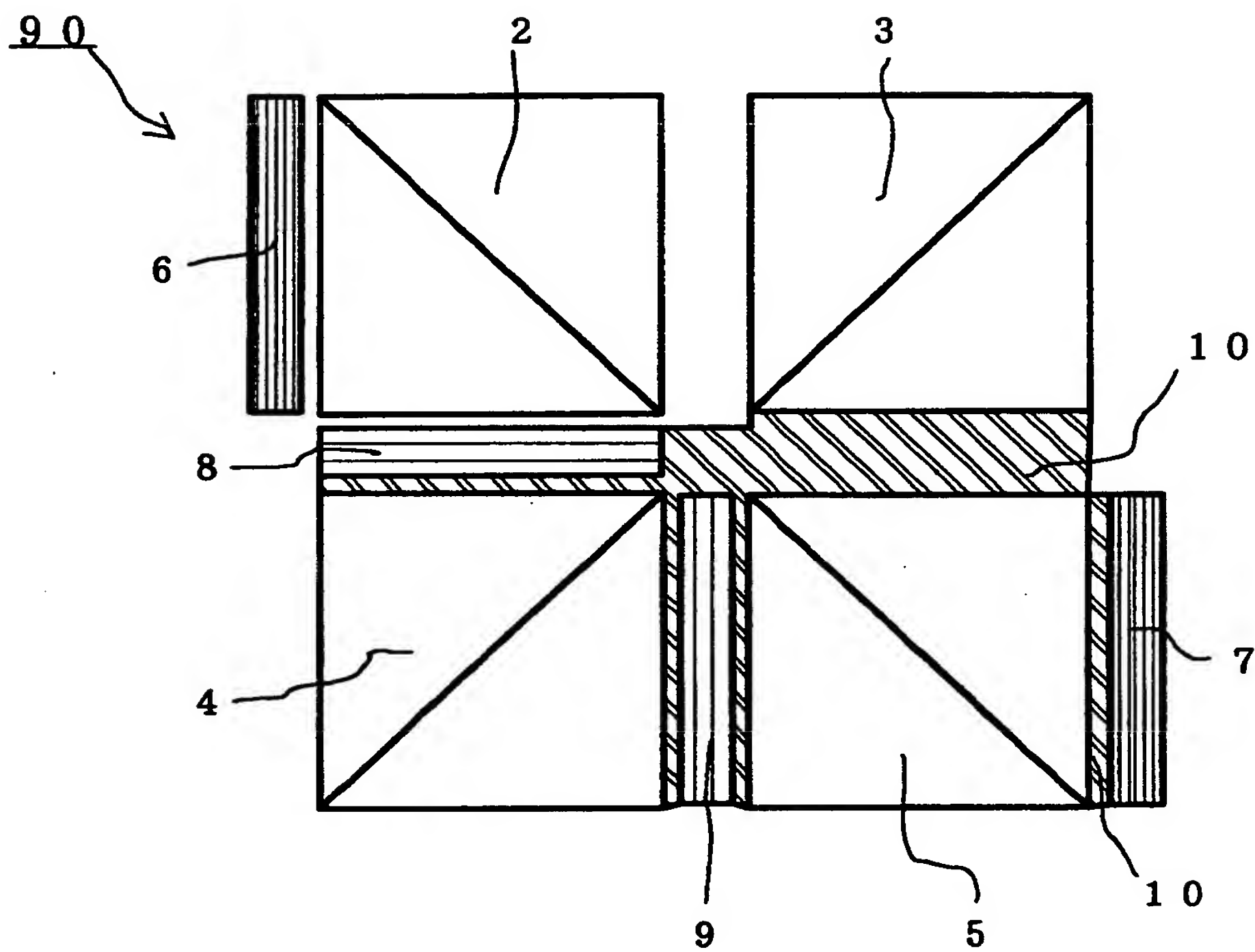
【図 7】



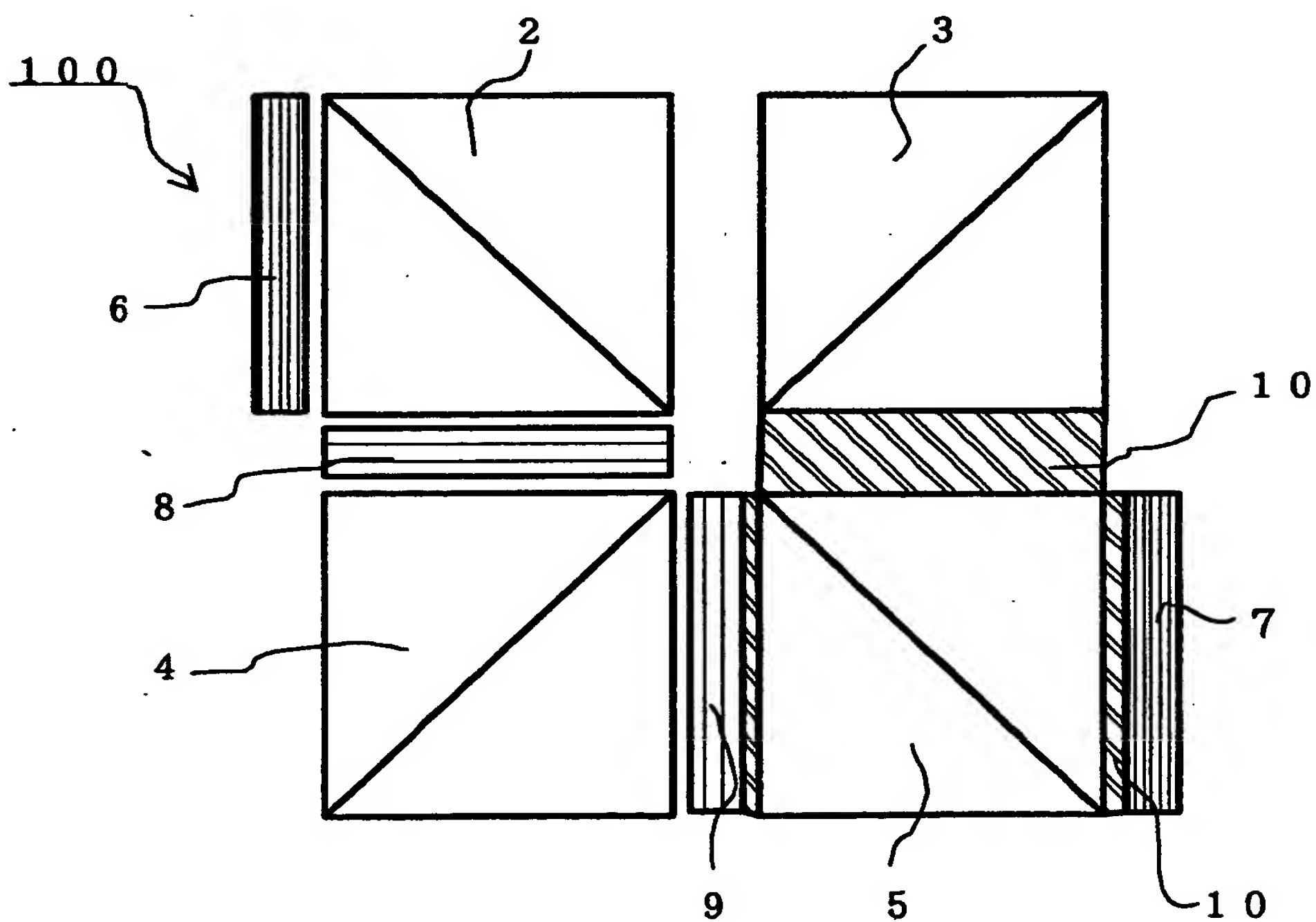




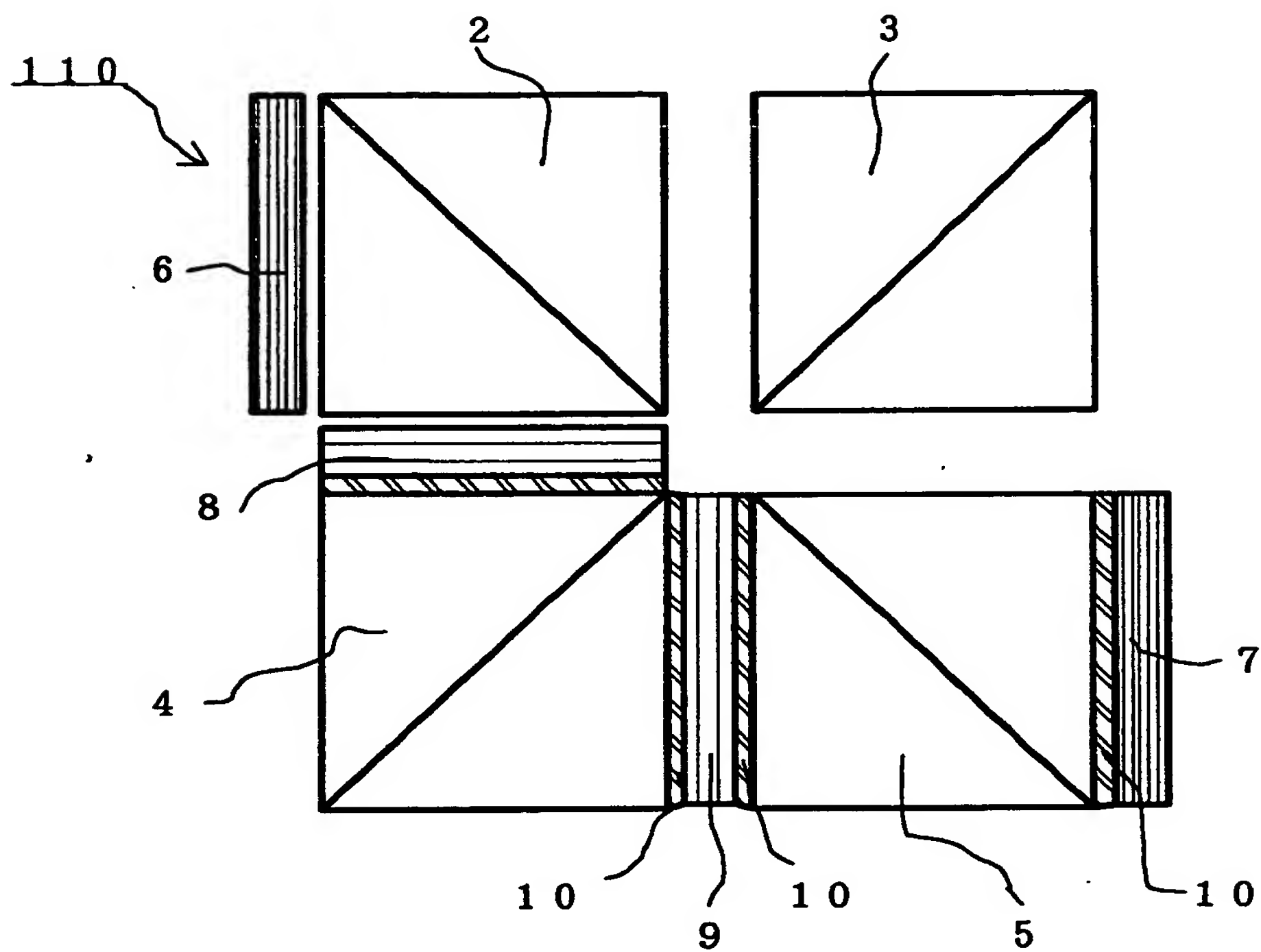
【図9】



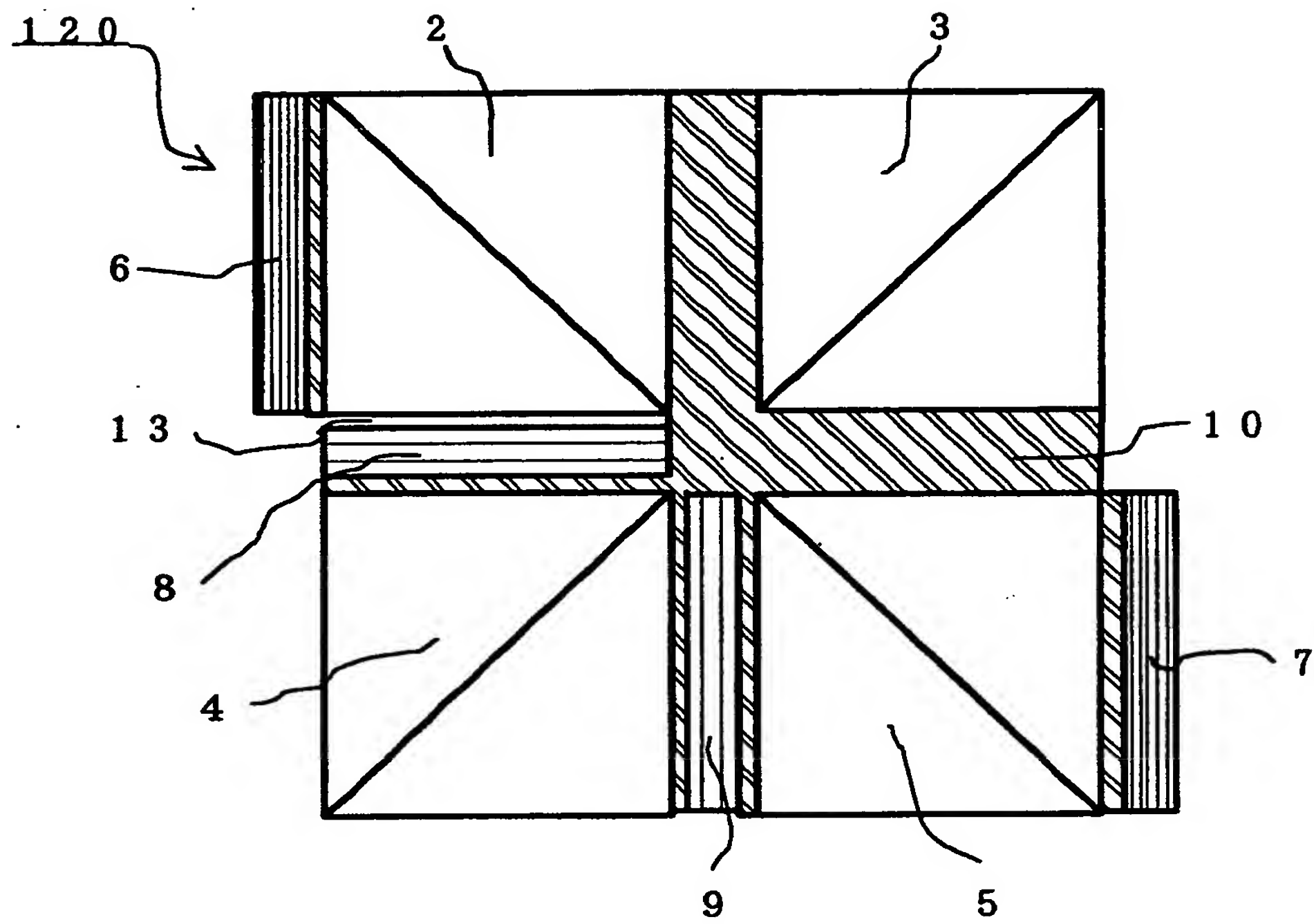
【図10】



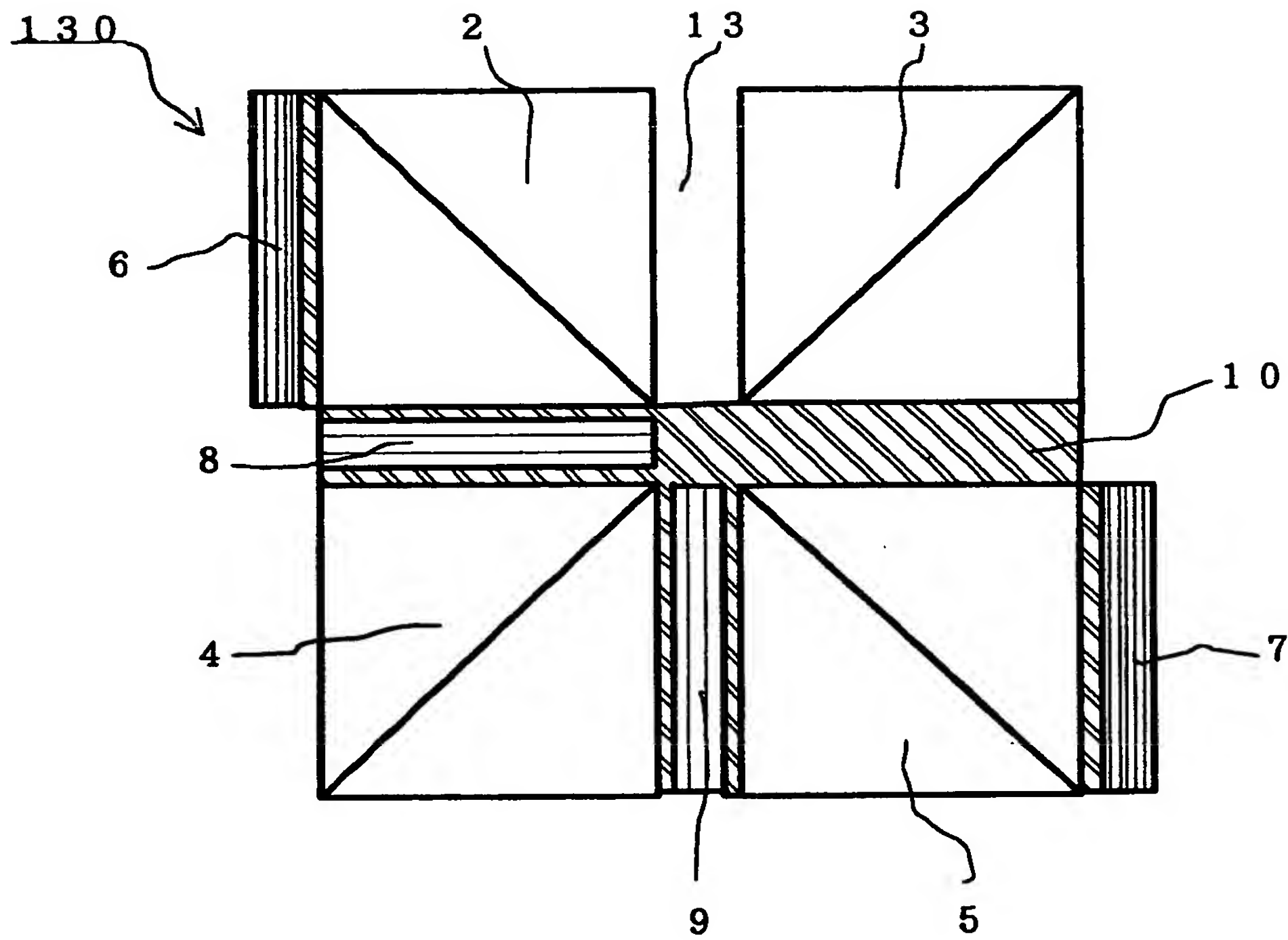
【図 11】



【図12】

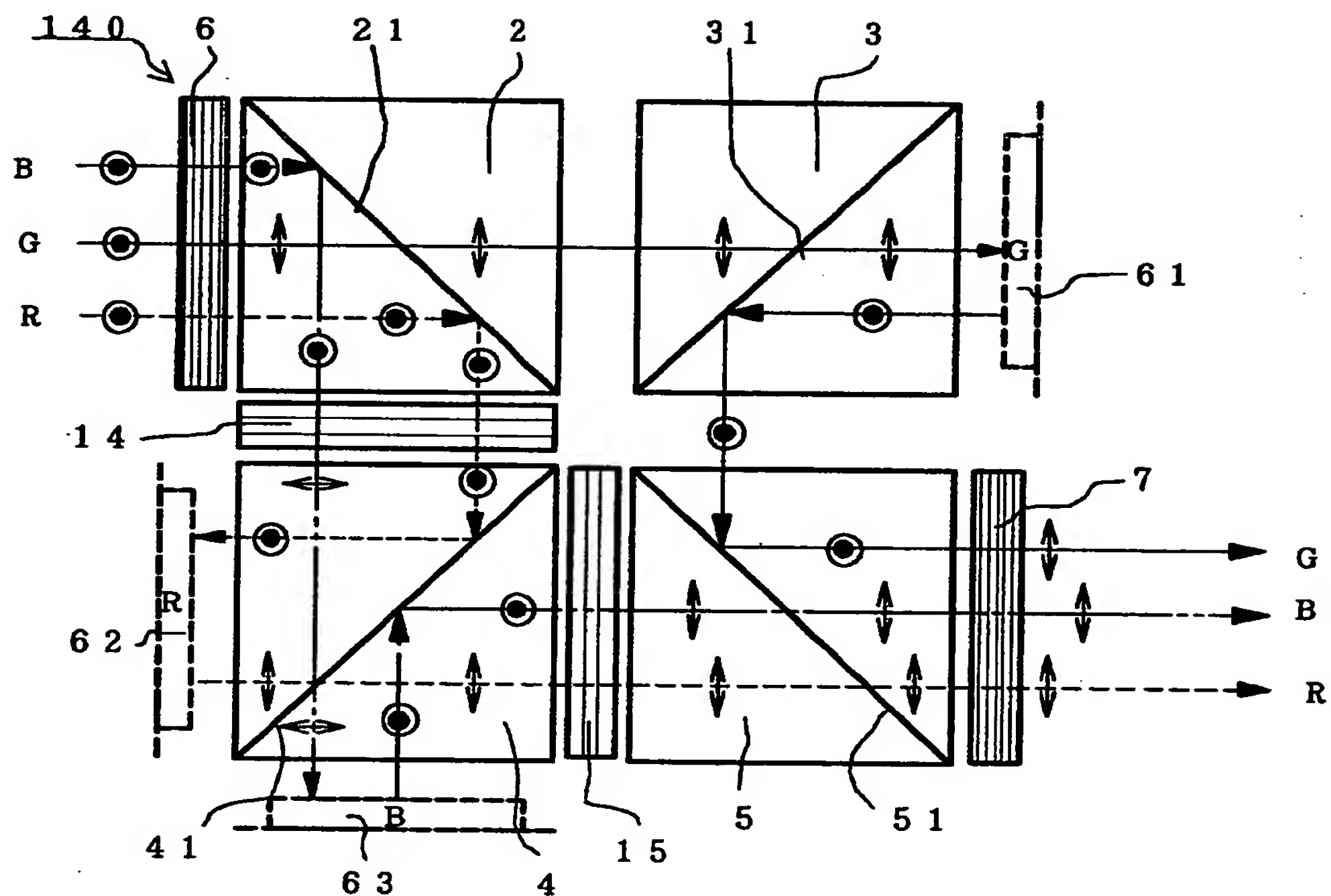


【図13】

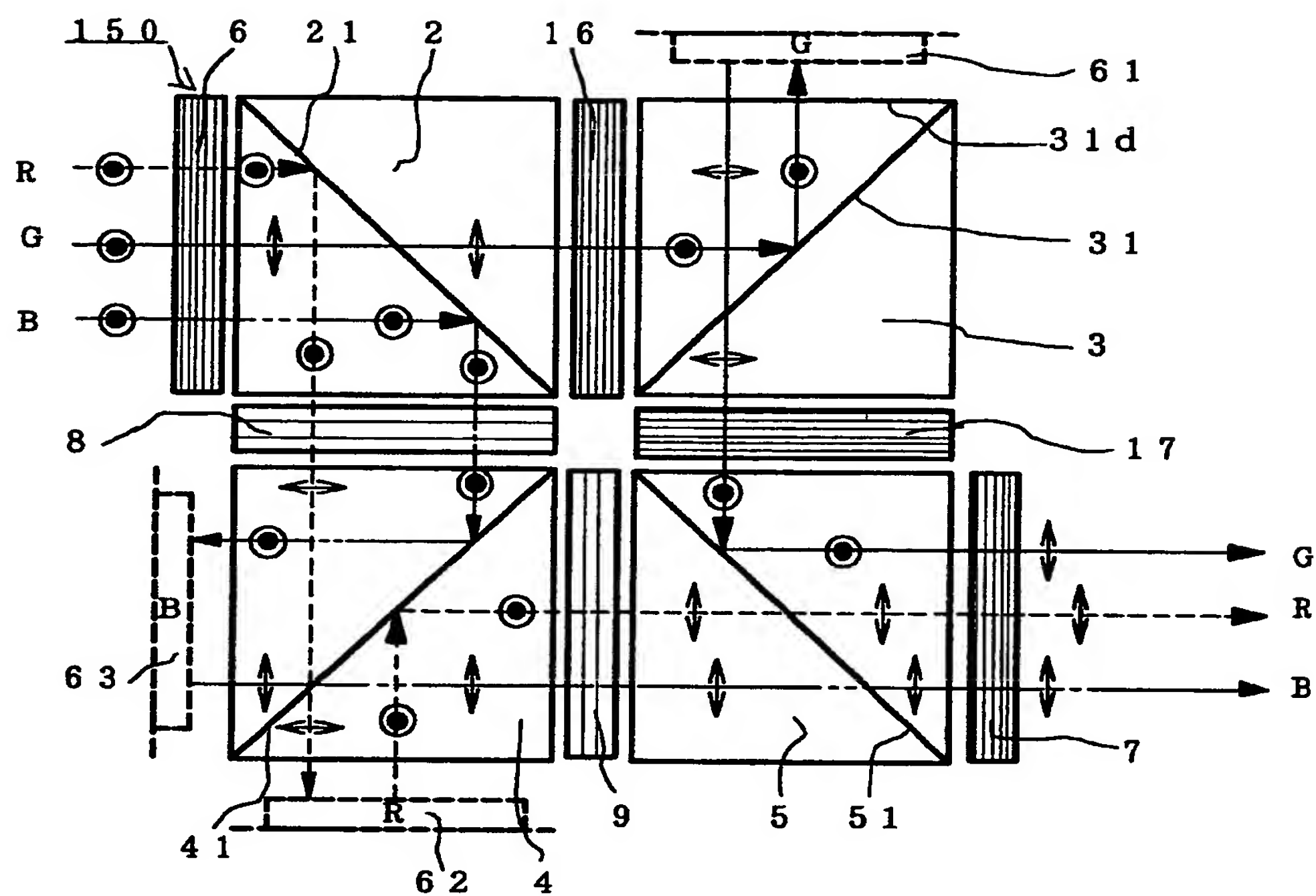




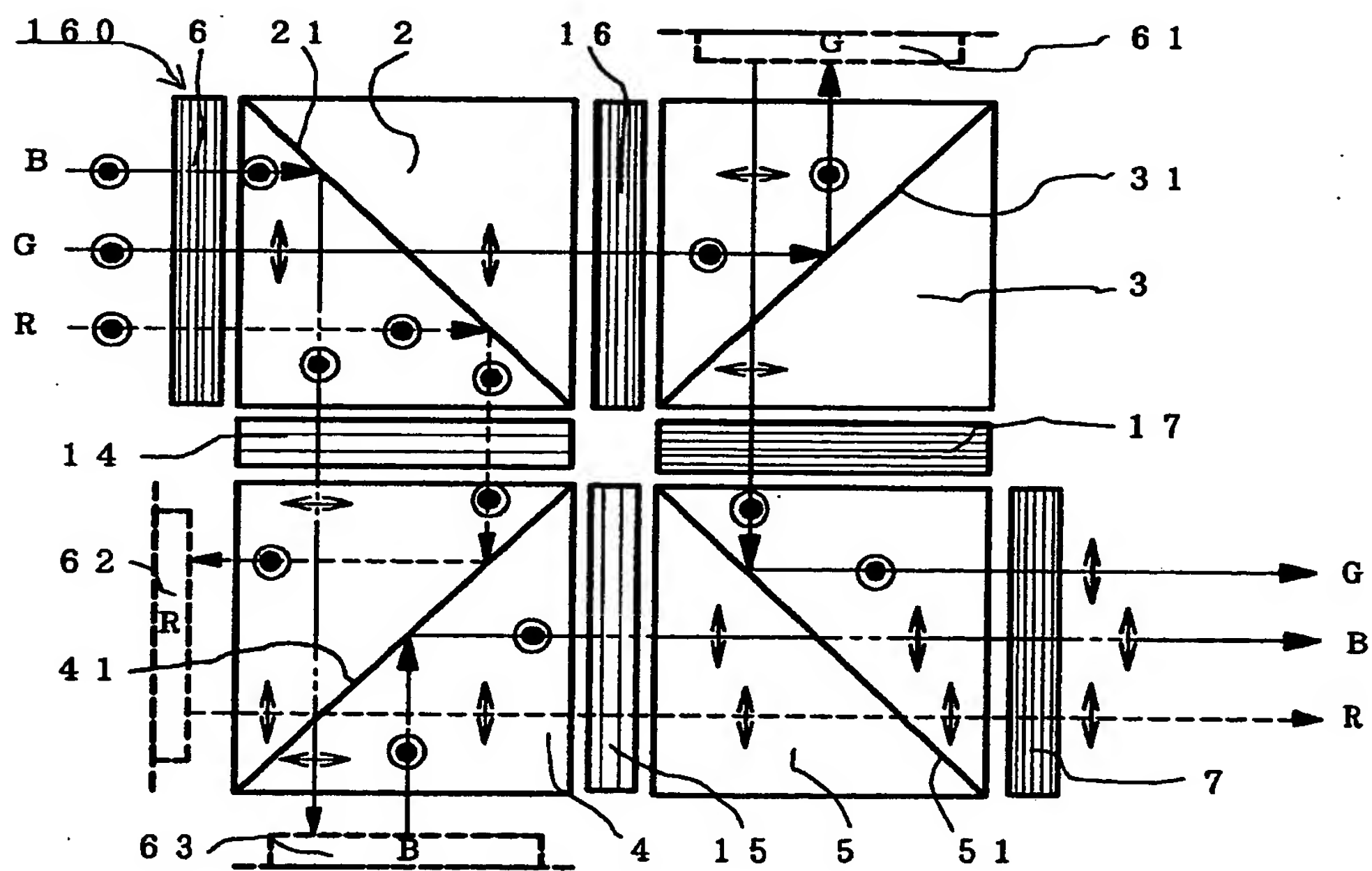
【図 1 4】



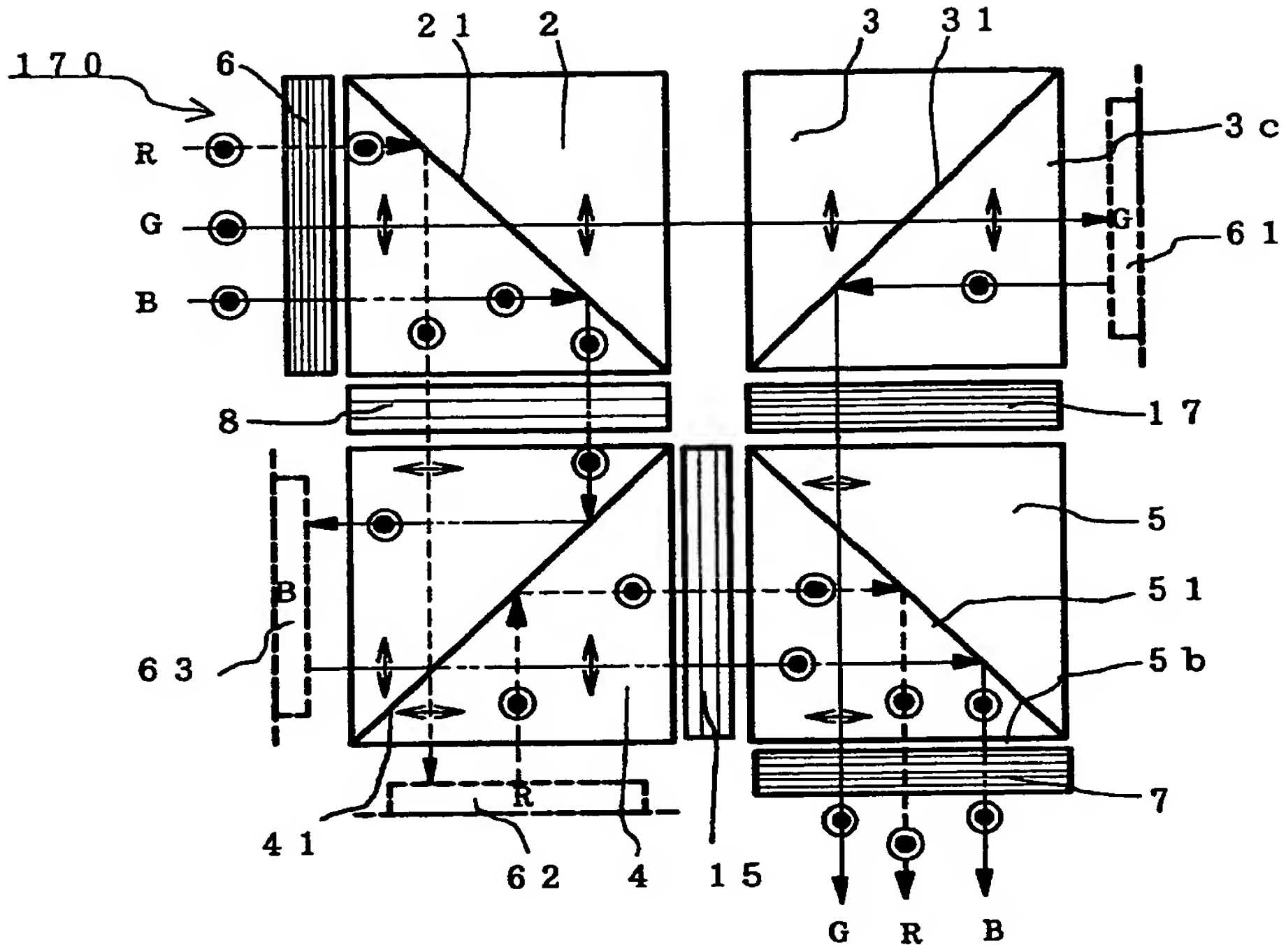
【図 15】



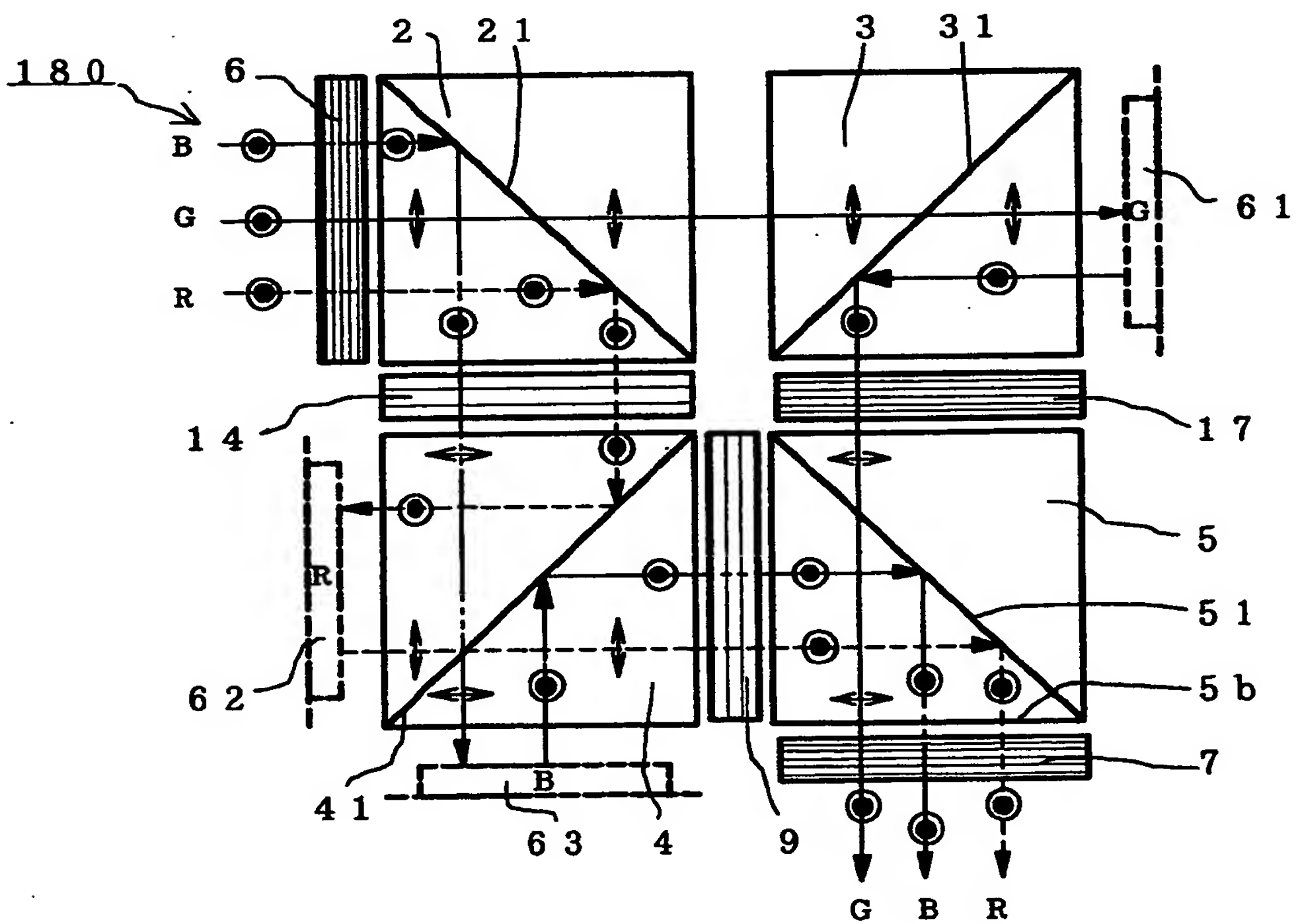
【図 16】



【図17】

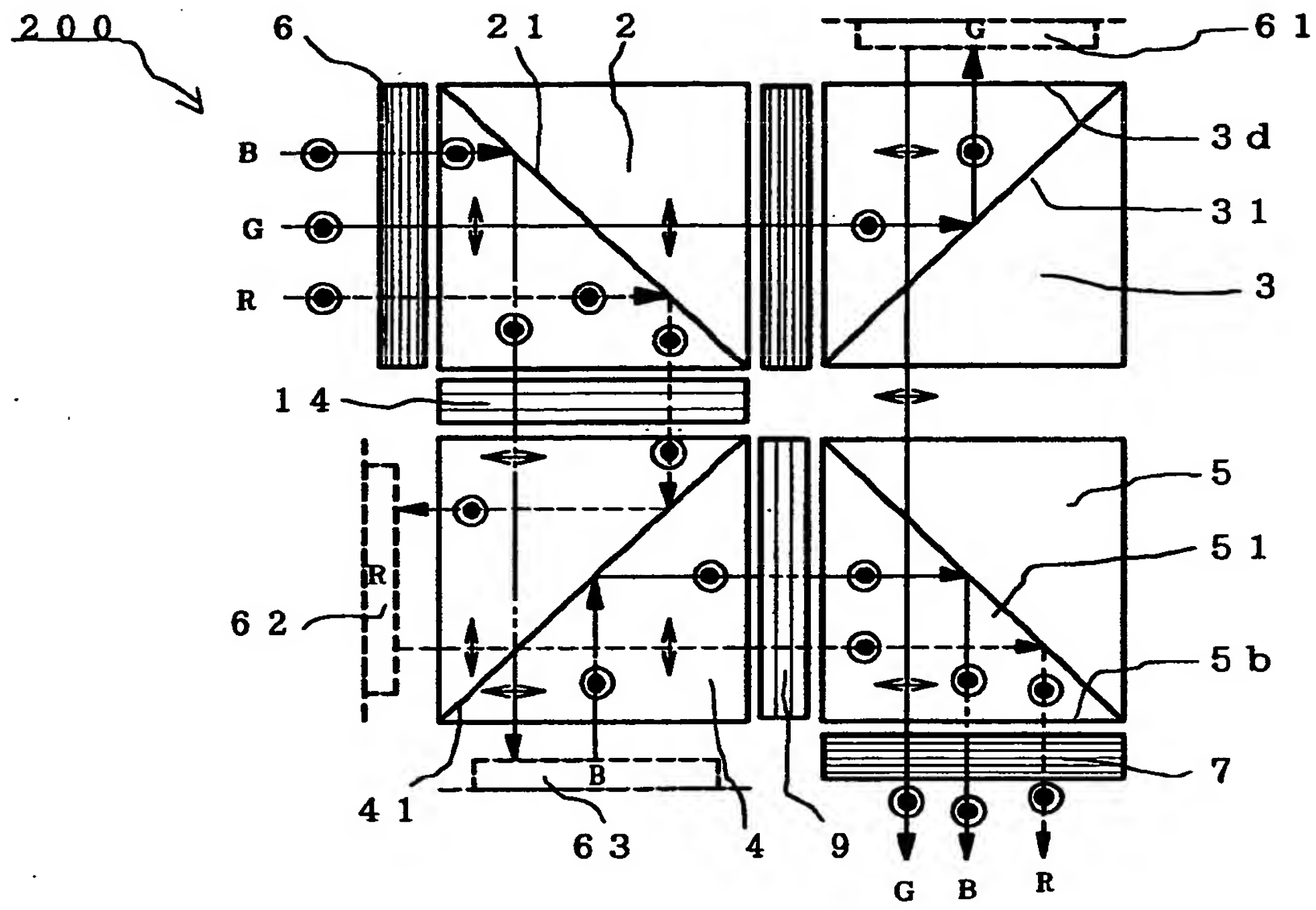


【図18】





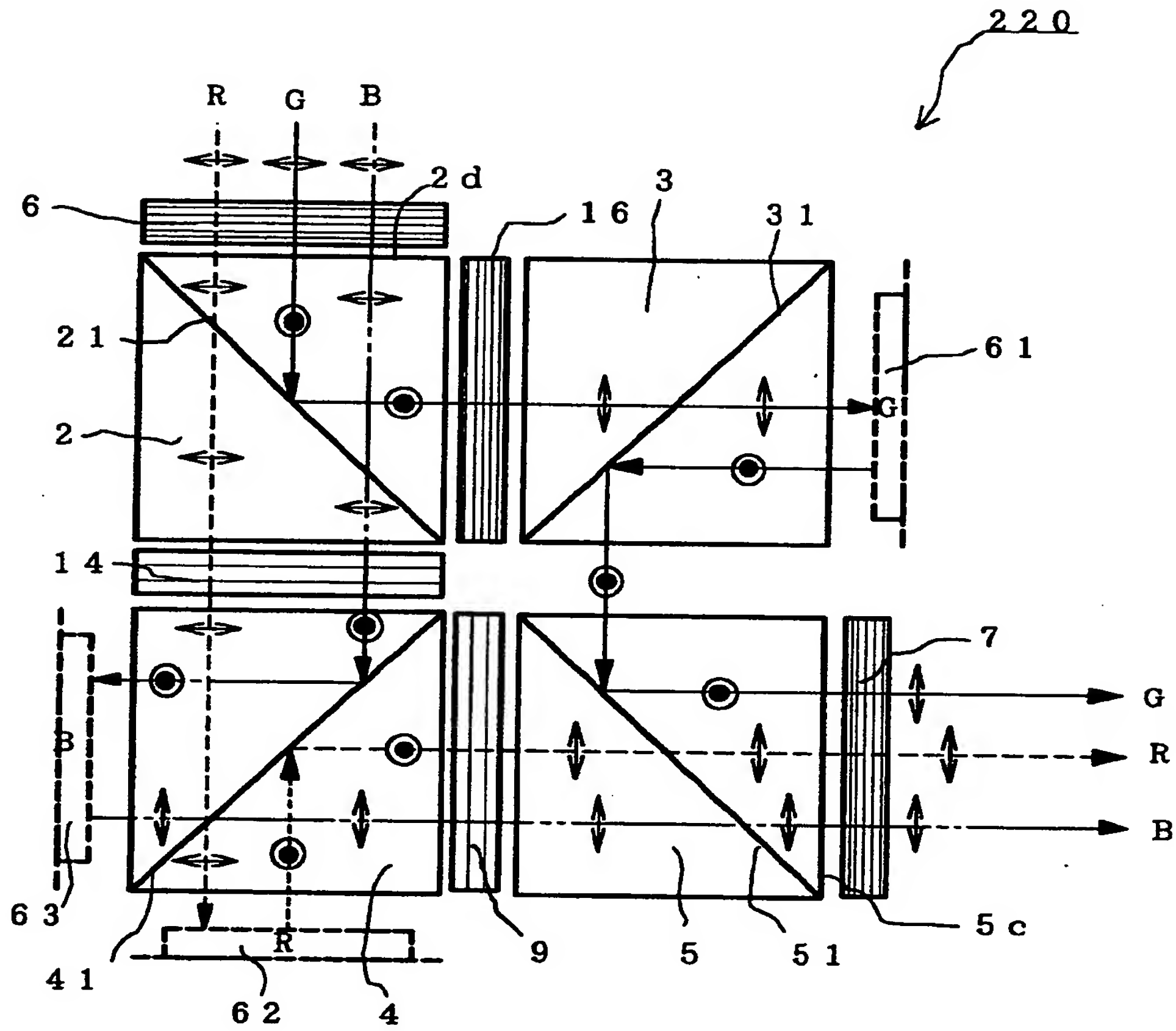
【図 20】



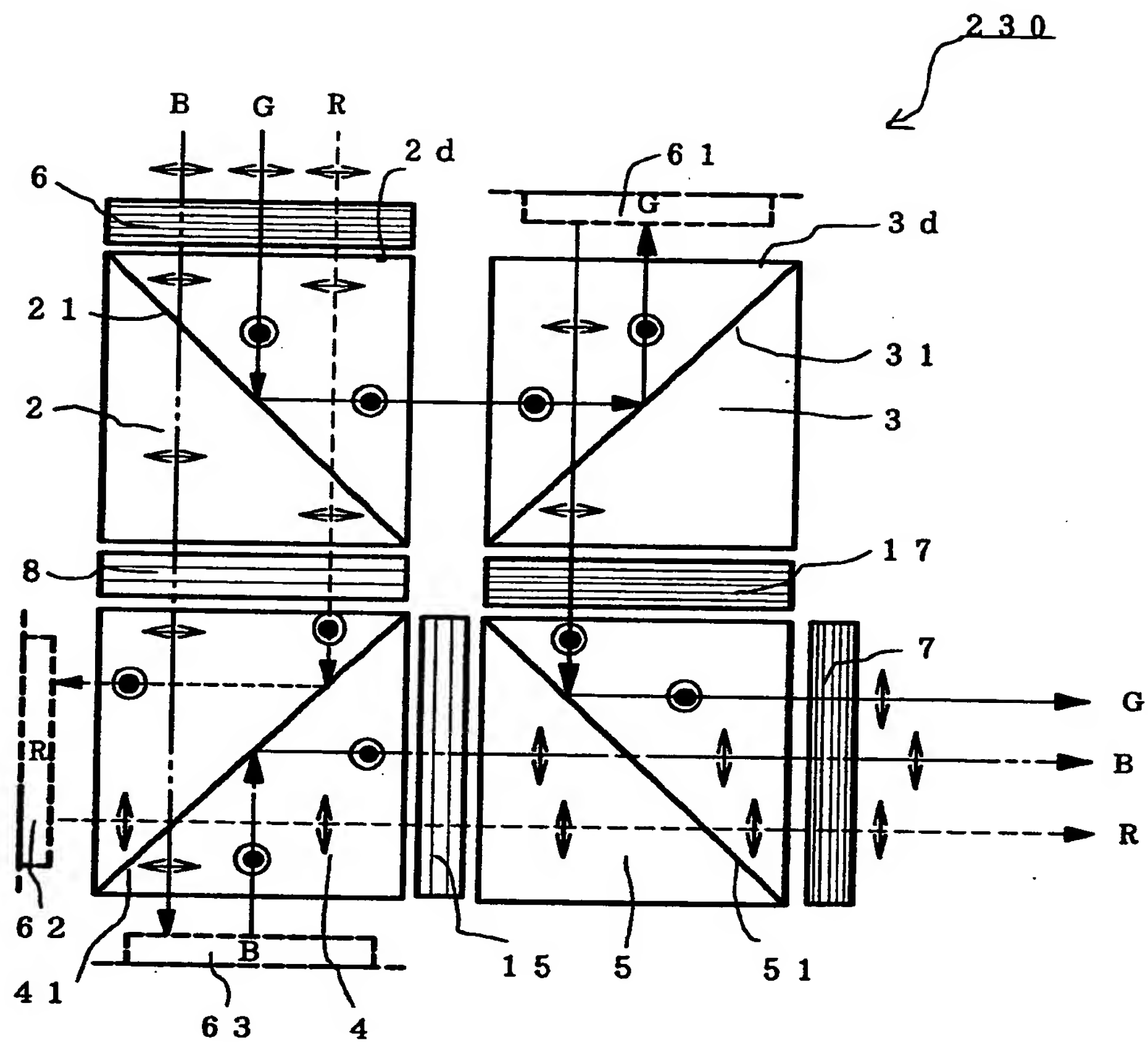




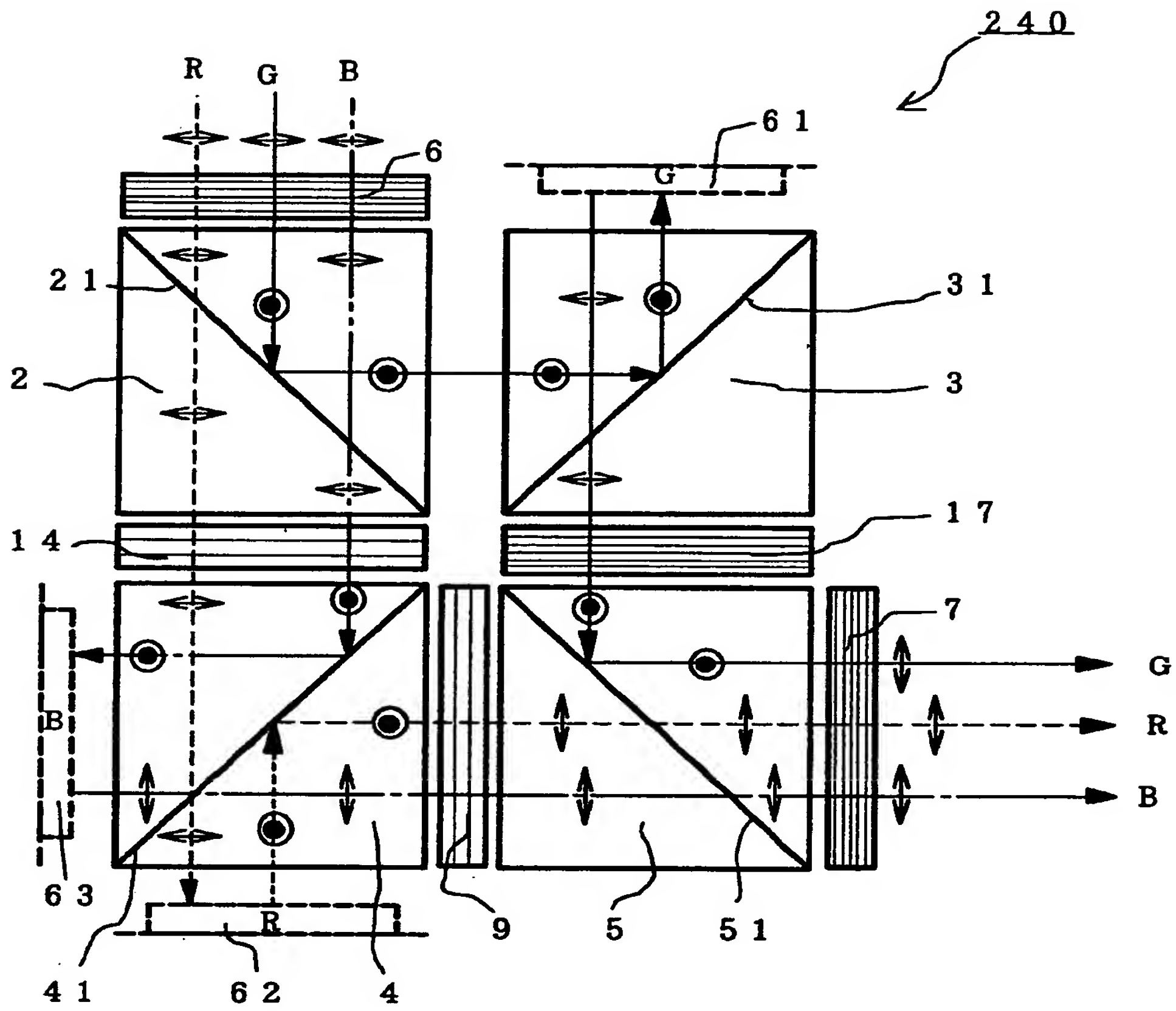
【図22】



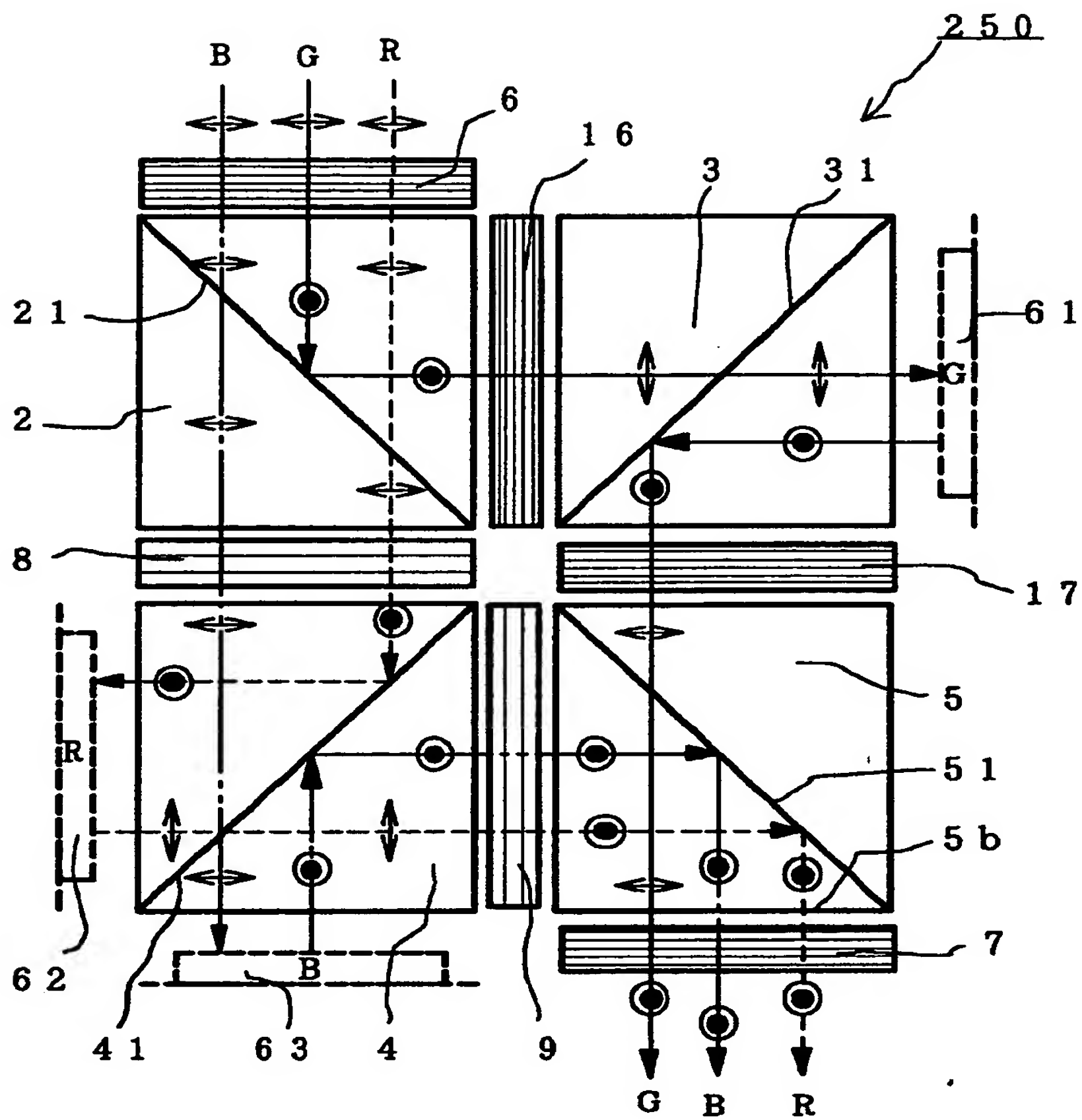
【図 23】



【図24】

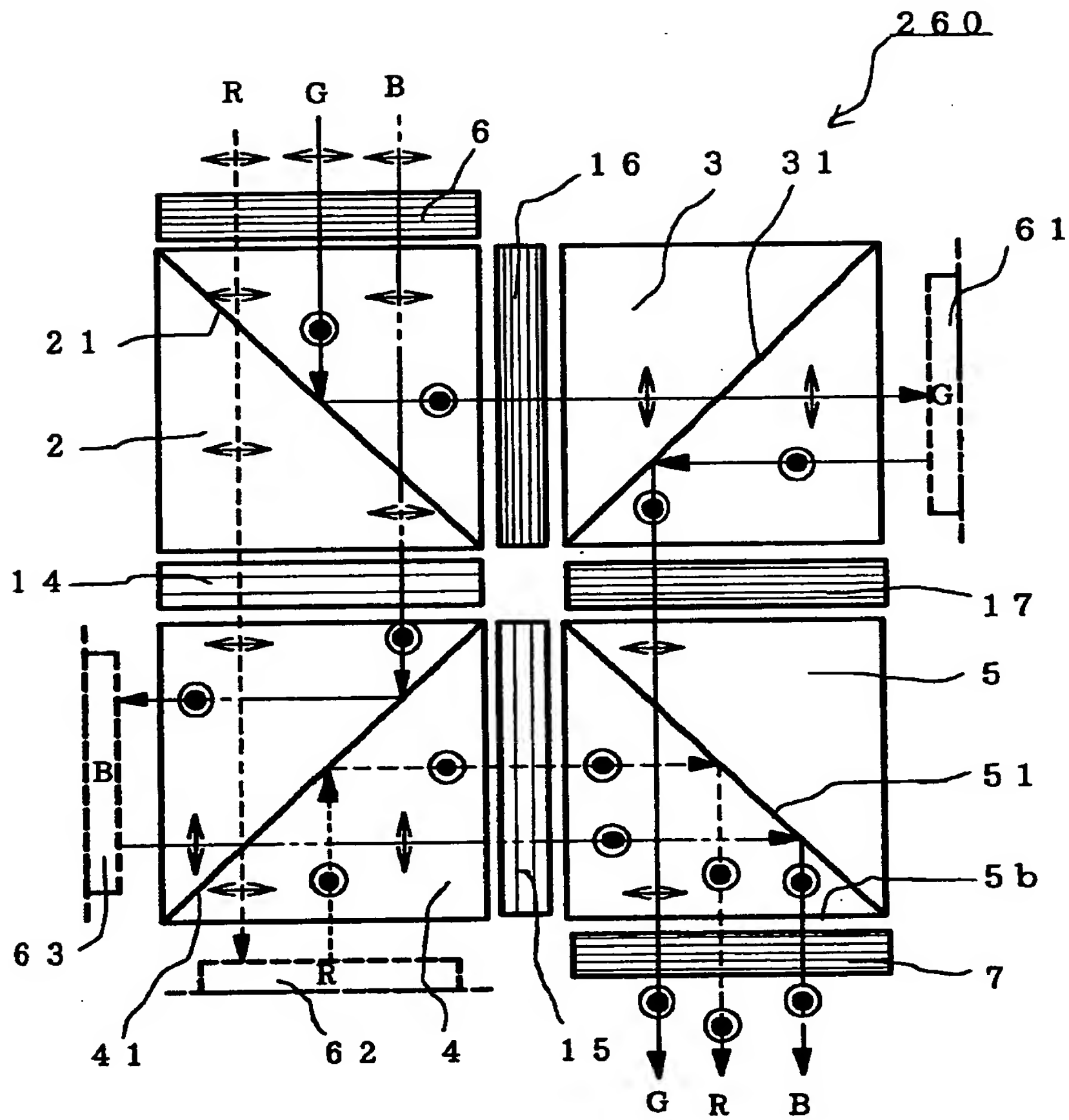


【図25】

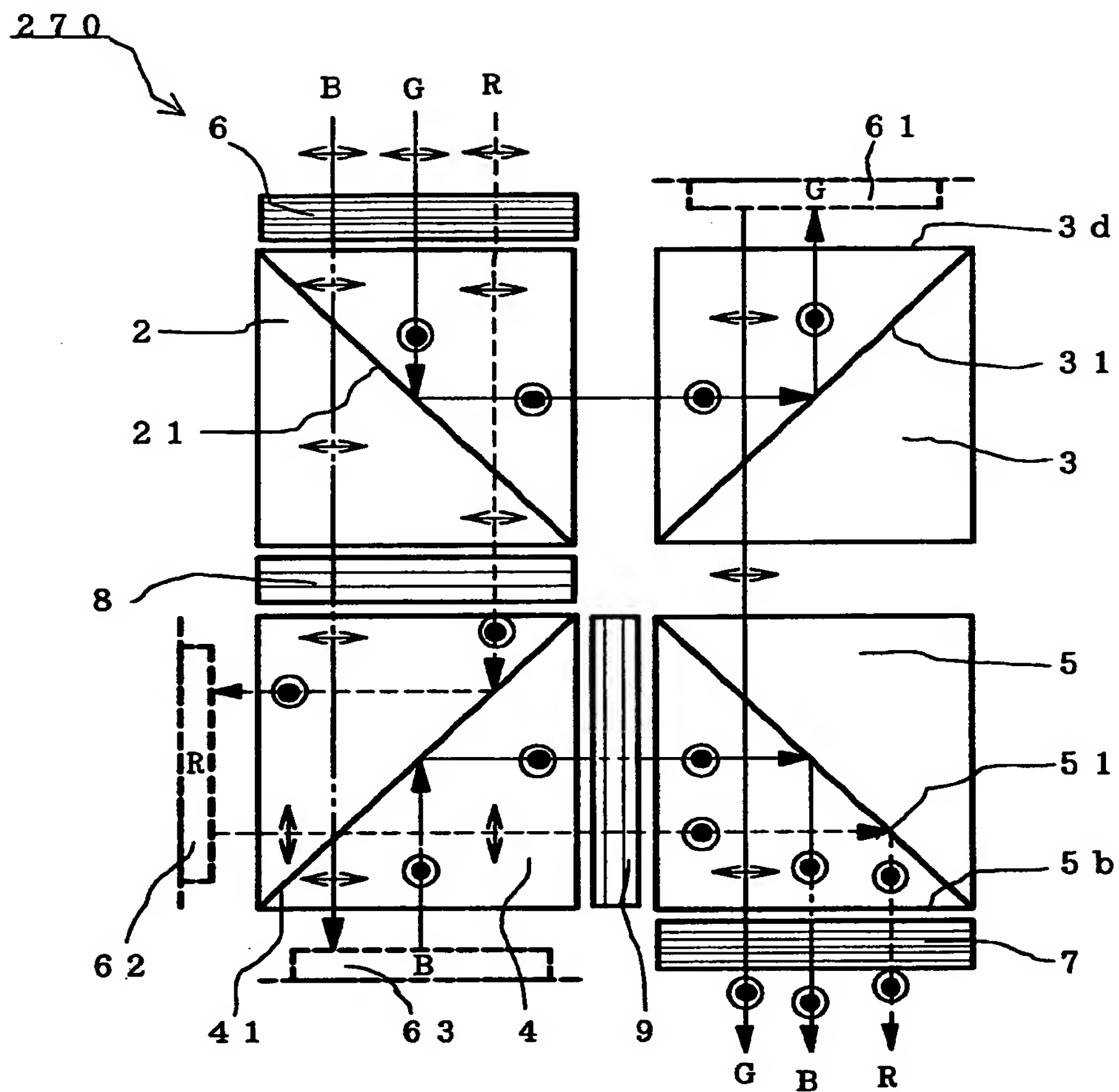




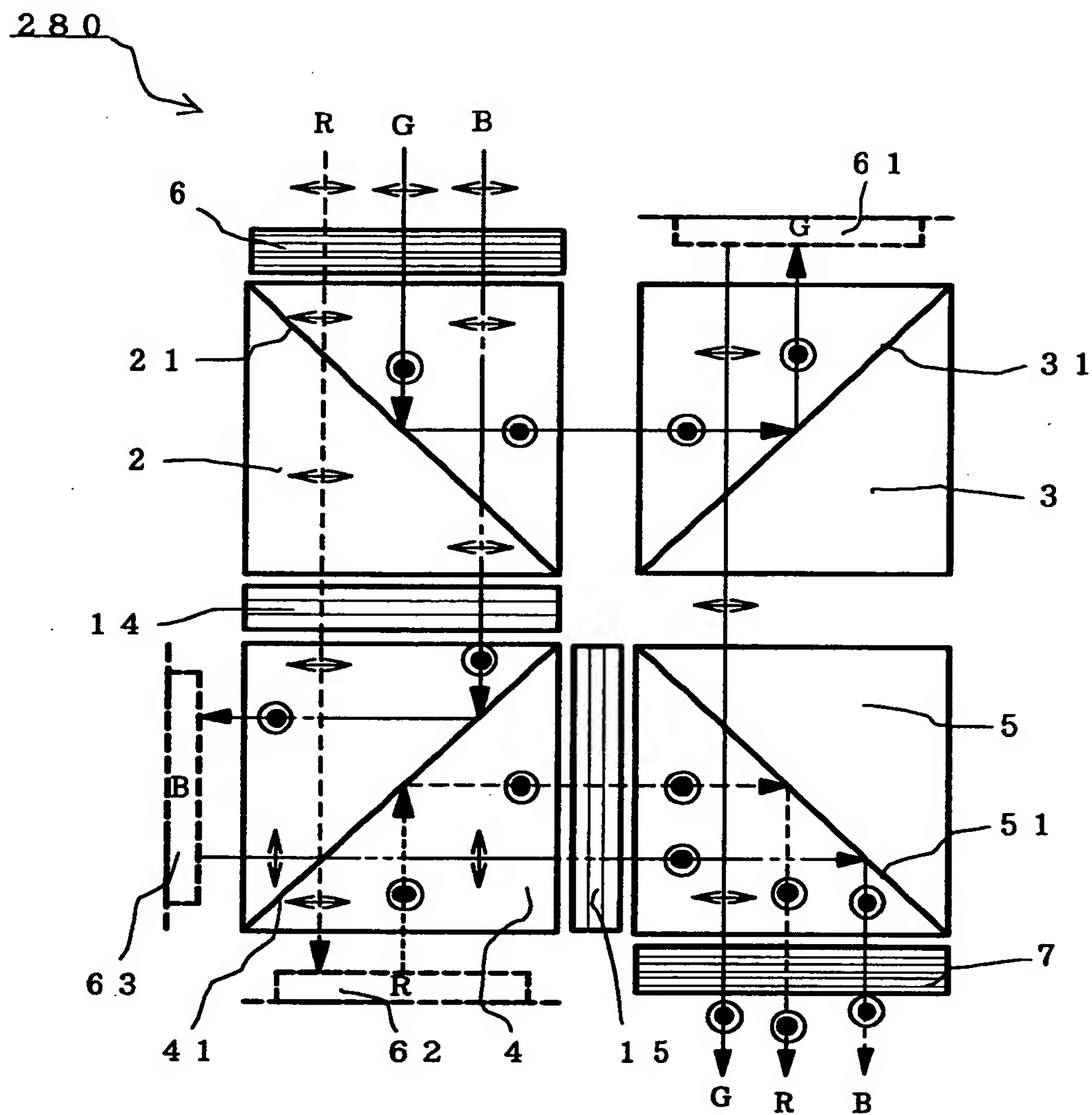
【図26】



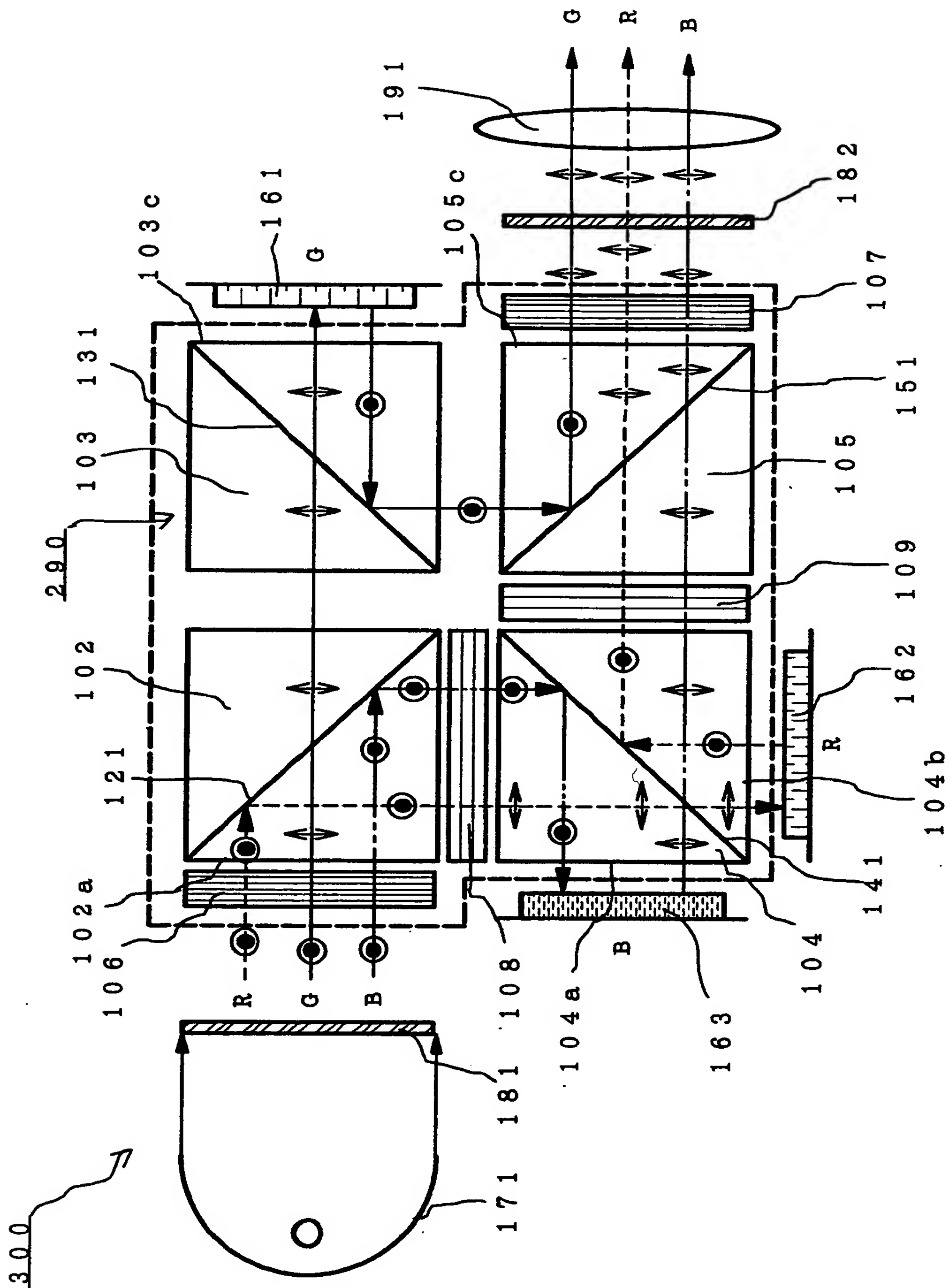
【図 2 7】



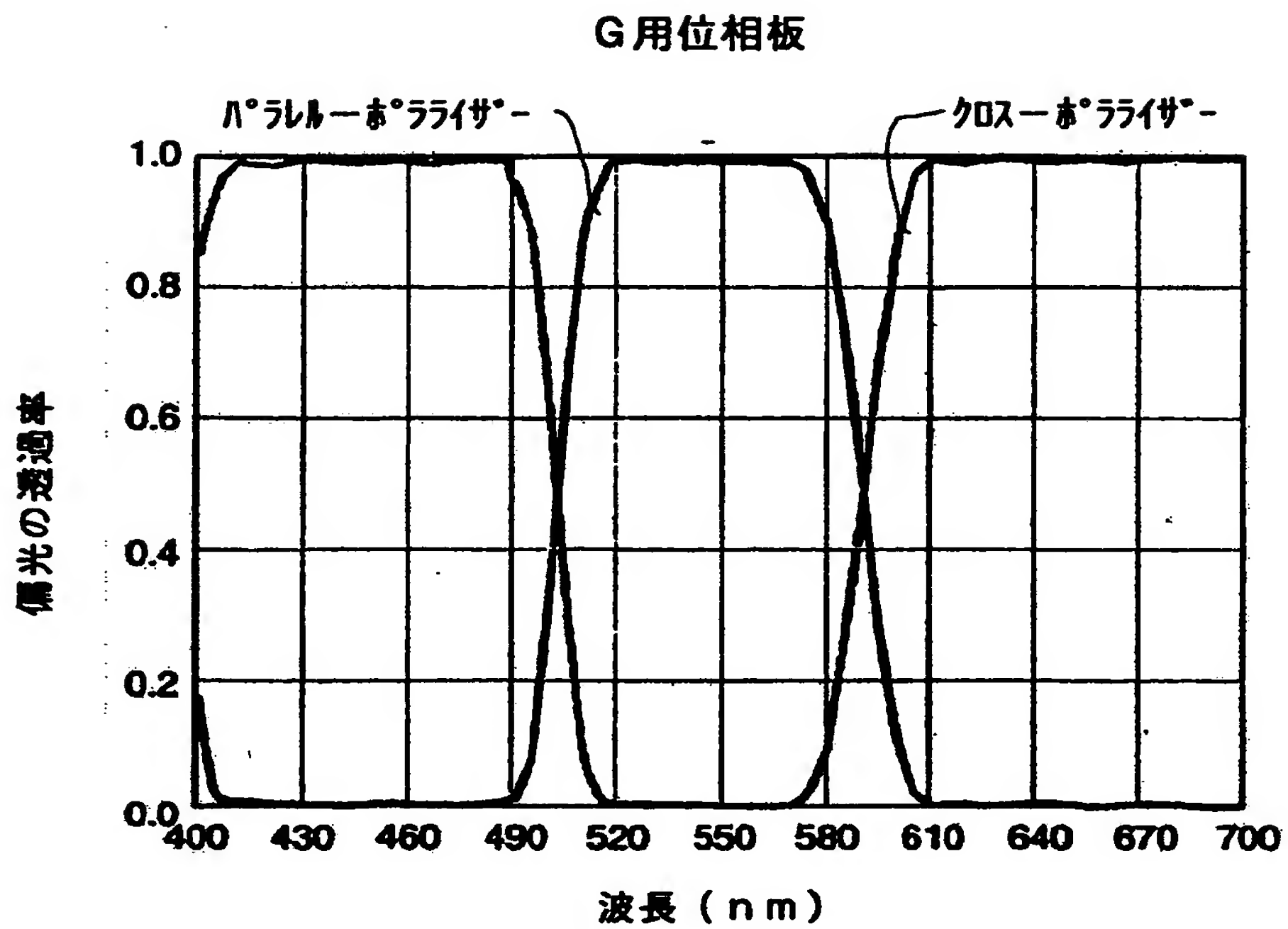
【図 2 8】



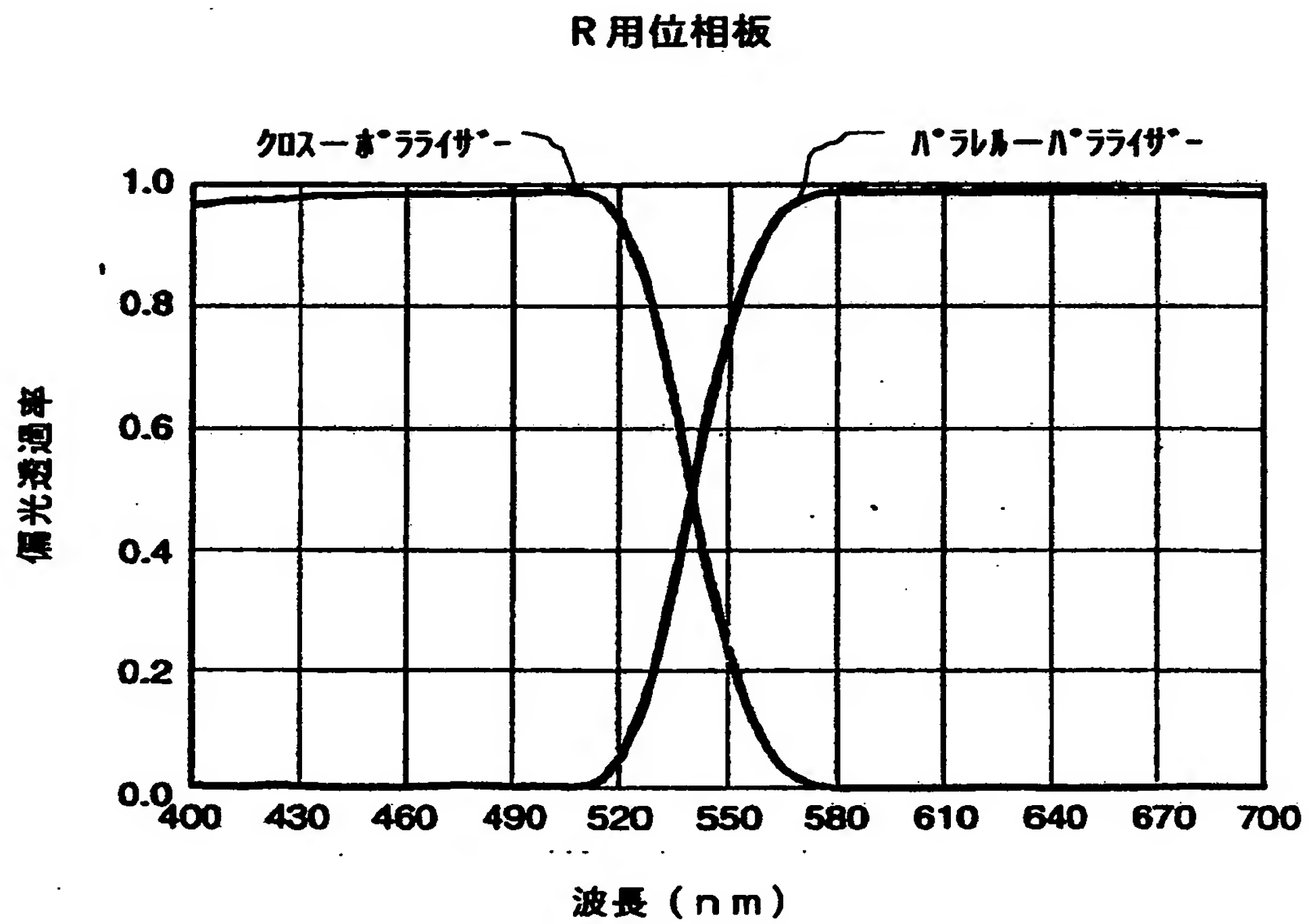
【図29】



【図 3 0】

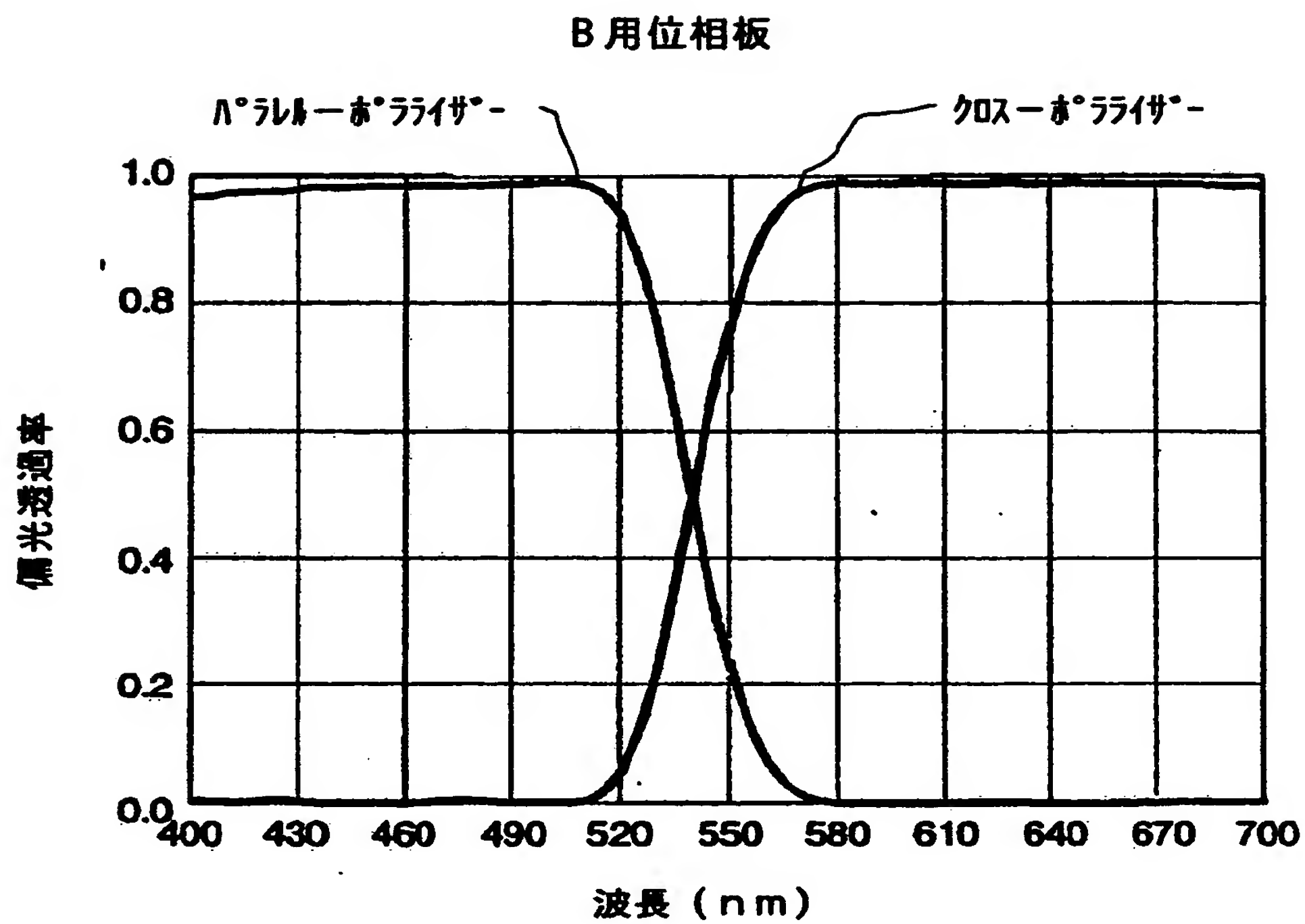


【図 3 1】





【図32】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 偏光ビームスプリッターの複屈折を抑制し、反射型投射表示装置に好適な廉価な色分解合成光学系を提供する。

【解決手段】 対角方向に形成された偏光分離面 2 1、3 1、4 1、5 1 が X 字状になるように配置された偏光ビームスプリッター 2、3、4、5 と、偏光ビームスプリッター 2 と偏光ビームスプリッター 5 とが対角、かつ偏光ビームスプリッター 2 が光入射側、偏光ビームスプリッター 5 が光出射側に配置される時、偏光ビームスプリッター 2 の光入射側、偏光ビームスプリッター 5 の光出射側及び偏光ビームスプリッター 2、3、4、5 の互いに直交する内側対向面のうち、2 つ以上の前記内側対向面の間に配置された波長選択性変換手段 6、7、8、9 とを備え、偏光ビームスプリッター 2、3、4、5 の透光部材の光弾性定数を  $K_i$ 、 $K_o$ 、 $K_m$  とする時、 $K_i < K_o$  及び  $K_m$  の関係を有する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004329]

1. 変更年月日 1990年 8月 8日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地

氏 名 日本ビクター株式会社